

PROYECTO FINAL

TEMA

Vehículo Eléctrico para Transporte Urbano

Profesores:

Ing. Rubén Monti
Ing. Sebastián Benzi
Ing. Cristian Brunas

Director:

Diego Adrián Srayh

Alumnos:

Parizzia, Dante Joaquín
Srayh, Franco Daniel

Carrera:

Ingeniería Mecánica.

15 de Diciembre de 2023

“La mayoría de la gente ve lo que es, y nunca ve lo que puede ser”.

Albert Einstein

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, profundamente gracias por el apoyo incondicional a lo largo de esta trayectoria, por su confianza y la paciencia, pilar fundamental de apoyo para no rendirse y continuar alcanzando nuestros objetivos.

A nuestras amistades, acompañantes de angustias y logros, el más sincero agradecimiento por la energía y confianza transmitida en nuestro camino, por su sostén y amistad leal.

A nuestros docentes, sencillamente gracias por favorecer nuestro crecimiento constantemente, brindarnos su experiencia y conocimiento y abrirnos las puertas, mentores en el ámbito académico/profesional y ejemplos en lo humano.

Gracias, profundamente y simplemente gracias a todos en nuestro entorno por favorecer el trayecto en esta etapa de nuestras vidas.

RESUMEN

A fin de contribuir tecnológicamente a la sociedad, el presente Proyecto Final tiene como propósito el diseño y desarrollo de un vehículo de movilidad personal eléctrico, buscar la factibilidad de construcción e implementación del mismo en la sociedad, adaptándose a las particularidades y garantizando la confiabilidad y seguridad necesaria para sus usuarios.

Nuestras metas se han centrado, en todo momento, en objetivos específicos inherentes a concreción de un producto ingenierilmente viable, pero sin descuidar aspectos fundamentales como lo son la economía, política, legalidad y seguridad de los usuarios y el entorno. Durante el desarrollo se han considerado múltiples factores relacionados al producto en cuestión, buscando la idealización de soluciones que garanticen la calidad del producto final y movilidad sustentable.

Por otra parte, paralelamente se buscó analizar la factibilidad del proyecto desde diferentes aspectos con el propósito de realizar un plan de negocio y porque no, pensar en la puesta en marcha de una empresa dedicada a la fabricación de vehículos de movilidad personal eléctricos.

En toda ocasión, se buscaron soluciones factibles, capaces de ser llevadas a cabo con insumos y componentes existentes y de amplia difusión en el mercado actual. Como última etapa se procedió a modelizar y generar la planimetría asociada del producto propuesto en el Software de diseño CAD SolidWorks 2018 utilizado a lo largo de nuestra formación académica.

ABSTRACT

In order to contribute technologically to society, the purpose of this Final Project is the design and development of an electric personal mobility vehicle, seeking the feasibility of its construction and implementation in society, adapting to the particularities and guaranteeing reliability and necessary security for its users.

Our goals have focused, at all times, on specific objectives inherent to the creation of an engineering-viable product, but without neglecting fundamental aspects such as the economy, politics, legality and safety of users and the environment. During development, multiple factors related to the product in question have been considered, seeking the idealization of solutions that guarantee the quality of the final product and sustainable mobility.

On the other hand, in parallel, we sought to analyze the feasibility of the project from different aspects with the purpose of creating a business plan and, why not, consider starting up a company dedicated to the manufacture of electric personal mobility vehicles.

On every occasion, feasible solutions were sought, capable of being carried out with existing inputs and components and widely disseminated in the current market. As a final stage, we proceeded to model and generate the associated planimetry of the proposed product in the SolidWorks 2018 CAD design software used throughout our academic training.

TABLA DE CONTENIDO

1. -INTRODUCCIÓN	8
2. -PROBLEMÁTICA	9
3. -SOLUCIÓN	10
3.1 -OBJETIVOS GENERALES	10
3.2 -OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. -MARCO TEÓRICO	11
4.1 -TRANSPORTE	11
4.1.1 INTRODUCCIÓN	11
4.1.2 COMPARATIVA DIVERSAS NATURALEZAS DE VEHÍCULOS	11
4.1.3 TENDENCIA ACTUAL	13
4.2 -BATERÍAS	14
4.2.1 CONCEPTO	14
4.2.2 INTRODUCCIÓN	14
4.2.3 EVOLUCIÓN	15
4.2.4 PARÁMETROS Y TIPOS DE BATERÍAS	16
4.2.5 FUTURO E INNOVACIÓN	18
4.3 -MOTOR ELÉCTRICO	19
4.3.1. CONCEPTO	19
4.3.2. INTRODUCCIÓN	19
4.3.3. EVOLUCIÓN	19
4.3.4. PARÁMETROS Y TIPOS DE MOTORES DC	20
4.3.5. FUTURO E INNOVACIÓN	22
5. -ANTEPROYECTO	23
5.1 -ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO	23
5.1.1 FACTIBILIDAD COMERCIAL	23
5.1.2 FACTIBILIDAD TÉCNICA	24
5.1.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA	26
5.1.4 FACTIBILIDAD OPERATIVA	27
5.1.5 FACTIBILIDAD LEGAL	28
5.1.6 FACTIBILIDAD TEMPORAL	29
5.2 -ANTECEDENTES EN EL MERCADO	29
5.3 -MATRIZ KANO	33
5.4 -ALTERNATIVAS DE DISEÑO	34
5.5 -ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO	34
5.6 -SELECCIÓN DE FACTIBILIDAD	35
6. -DESARROLLO	37
6.1 -PRESENTACIÓN DEL EQUIPO	37

6.2 -CÁLCULOS DE DISEÑO	39
6.2.1 SUBCONJUNTO PLAZA	40
6.2.1.1 CUERPO	42
6.2.1.2 BISAGRA	44
6.2.1.3 VELA	45
6.2.2 SUBCONJUNTO BASE	46
6.2.2.1 CUERPO	48
6.2.2.2 CABALLETE	50
6.2.3 -SUBCONJUNTO HORQUILLON	52
6.2.3.1 BASCULANTE	53
6.2.3.2 POSA-PIES	58
6.2.3.3 EJE RUEDA TRASERA	62
6.2.3.4 LLANTA RUEDA TRASERA.	65
6.2.3.5 NEUMÁTICO TRASERO	66
6.2.3.6 SELECCIÓN RODAMIENTOS	68
6.2.3.7 BUJES SEPARADORES	69
6.2.3.8 GUARDABARROS TRASERO	69
6.2.4 SUBCONJUNTO TRABA	70
6.2.4.1 CUERPO	71
6.2.4.2 DIRECCIÓN	72
6.2.4.3 PESTILLO	73
6.2.4.4 BUJE	76
6.2.4.5 BISAGRA	77
6.2.5 SUBCONJUNTO FRENTE	80
6.2.5.1 MANUBRIO	82
6.2.5.2 MANOPLAS	88
6.2.5.3 CONTRAPESOS	89
6.2.5.4 COMANDOS DERECHOS	89
6.2.5.5 COMANDOS IZQUIERDOS	90
6.2.5.6 BARRAL	90
6.2.5.7 BATERÍA	95
6.2.5.8 CONTROLADOR	97
6.2.5.9 TAPA	98
6.2.5.10 ELEMENTO ELECTRÓNICO ADICIONAL	99
6.2.6 SUBCONJUNTO HORQUILLA	99
6.2.6.1 MOTOR	100
6.2.6.2 FRENO	102
6.2.6.3 GUARDABARROS	102
6.2.6.4 HORQUILLA	103
<u>7. DISEÑO FINAL</u>	108
<u>8. LINEAS FUTURAS</u>	110
<u>9. CONCLUSIÓN</u>	111
<u>10. BIBLIOGRAFIA</u>	112
10.1 -BIBLIOGRAFÍA IMPRESA	112

10.2	-BIBLIOGRAFÍA DIGITAL	112
11.	ANEXOS	113
11.1	-ANEXO A – PESO VMP	113
11.2	-ANEXO B – SELECCIÓN MOTOR	115
11.3	-ANEXO C – ELEMENTOS ELECTRÓNICOS	117
11.3.1	SENSOR HALL	117
11.3.2	FRENO REGENERATIVO	118
11.3.1	CONTROLADOR	120
11.4	-ANEXO D – PLANIMETRÍA	121
11.5	-ANEXO E – CATÁLOGOS/DATA SHEET	141

1. -INTRODUCCIÓN

La industria, las ciudades y las personas cada vez son más conscientes de la necesidad de soluciones de movilidad en pro de reducir los índices de contaminación y congestión urbana. El futuro del sector automotor va encaminado a nuevas propuestas de transporte basadas en fuentes de energía diferentes.

Al ser consciente de esto, quienes saben al respecto de esta nueva realidad, en el último tiempo han enfocado sus esfuerzos en encontrar una solución, por lo que se han desarrollado una serie de vehículos innovadores y eléctricos de diseños muy variados para el transporte urbano que se presentan a diario por diferentes industrias, compañías y marcas.

En promedio, un ciudadano gasta alrededor de 41 horas al año buscando sitio de parqueo y 51 horas en sucesos de congestión urbana. Es por esto que nuevos vehículos innovan el mercado, impulsados por electricidad, que pueden ser utilizados como medio de transporte primario, pero también se pueden usar como apoyo para trayectos cortos, siendo de tamaño reducido facilitando su traslado y aparcamiento.

2. -PROBLEMÁTICA

Durante el desarrollo del presente Proyecto Final se procede a atacar la excesiva necesidad y demanda de traslado de aquellas personas que cotidianamente hacen frente a los usuales inconvenientes radicados, principalmente, en las grandes ciudades. Entre estos cabe destacar, en caso de utilizar el servicio de transporte público: los indeseados tiempos de espera, la frecuencia del servicio, las limitaciones de horario y recorrido, el colapso de los vehículos, posibles disgustos e incomodidad durante el uso de los mismos, etc. Por otro lado, en el caso de emplear transporte privado: la inseguridad e incertidumbre del vehículo durante el tiempo de aparcamiento, la problemática de hallar un lugar donde aparcar y la cercanía de este respecto al sitio de destino, el gasto ocasionado tanto por su uso como por su mantenimiento (roturas, impuestos, seguros, aparcamiento) y la necesidad de obtener una licencia acorde al vehículo propio en cuestión. Todos estos factores realzan y hacen a un vehículo ligero eléctrico urbano una alternativa más que viable.

De esta manera, surge la necesidad de reducir y/o eliminar los inconvenientes anteriormente mencionados, principalmente, para trabajadores y estudiantes que deban trasladarse una distancia relativa o medianamente considerable para cumplir con sus obligaciones, hasta incluso tomar uno o más transportes públicos.

Asimismo, se suman otros inconvenientes que influyen de forma notable, a saber:

- _ Los elevados costos de los vehículos convencionales actuales.
- _ El aumento constante y progresivo de los combustibles.
- _ El congestionamiento del tránsito, dando lugar a situaciones peligrosas y escasez de aparcamiento, síntomas de una infraestructura colapsada.
- _ Gran problemática desde el punto de vista de la contaminación ambiental.

3. -SOLUCIÓN

El propósito del Proyecto Final es brindar, logrando la innovación del mercado, un medio de transporte urbano con un diseño compacto, portátil y seguro que permita satisfacer y adaptarse a las necesidades de traslado de las personas en zonas urbanas. Optando por un vehículo de naturaleza eléctrica. En conjunto, la intención radica en considerar en cada una de las fases del proyecto el aspecto económico, alcanzando el mínimo posible, y de esta manera atender la necesidad de la sociedad para transportarse a un bajo costo, manteniendo estándares de calidad aceptable y confiable en la totalidad del producto.

Como ventajas legales, en muchos países, incluso en Argentina, los vehículos eléctricos no pagan impuestos, como por ejemplo el impuesto a la propiedad vehicular. Esto se hace como un incentivo para que las personas compren este tipo de vehículos y, a su vez, reducir los precios en que se venden estos autos. Algunas autopistas de peaje eximen del pago a los vehículos eléctricos.

La mayor preocupación de un potencial usuario de un vehículo eléctrico erradica en la escasa infraestructura de carga en el país. Conscientes de ello, las automotrices y otras empresas del sector están realizando inversiones para cambiar este panorama y de esa manera el mercado de vehículos eléctricos gane aún más impulso.

Otra cuestión no menor respecto del precio de un vehículo convencional frente al de un vehículo eléctrico, es que los modelos no son de producción nacional. En esta ecuación entran en juego cuestiones económicas como los efectos desfavorables del costo de importación y la conversión monetaria, siendo perjudicial para el estado actual de devaluación de nuestra moneda nacional.

3.1 -Objetivos generales

Diseñar un *VMP* (Vehículo de movilidad personal) que satisfaga el traslado de los habitantes en centros urbanos garantizando una óptima relación costo-beneficio al momento de optar por su adquisición, considerando en todo momento los aspectos relacionados a la seguridad, confianza y eficacia de los usuarios hacia el vehículo en cuestión.

3.2 -Objetivos específicos

- Brindar y generar una nueva forma de traslado eficaz, segura, confiable y económica que se adapte a la rutina de los usuarios.
- Obtener un diseño cuyo precio de venta del producto sea lo más asequible para los usuarios.
- Cumplimentar el requisito de que el vehículo de movilidad personal pueda ser trasladado fácilmente ocupando el menor volumen posible.
- Optimizar el diseño a fin de lograr un vehículo eficiente desde el punto de vista operativo y constructivo.

4. -MARCO TEÓRICO

En este apartado se pretende indagar e investigar histórica y técnicamente sobre algunos aspectos y elementos claves del vehículo a plantear como solución, a fines de lograr un producto acorde al contexto social/tecnológico actual.

4.1 -Transporte

4.1.1 *Introducción*

Desde sus inicios el ser humano, ha dirigido sus conocimientos hacia la invención de nuevas formas de transporte y traslado, surgiendo con el transcurso del tiempo infinidad de vehículos de índoles diversa en todos sus aspectos, adaptándose a los recursos, paradigma y eventos socioculturales del momento.

Actualmente, la evolución de los medios de transporte continua, y no muestra indicios de abandonar la constante evolución. Es más, en los últimos 50 años el avance ha sido tal que se han enmarcado y popularizados nuevas fuentes de energía como medios de transporte.

4.1.2 *Comparativa diversas naturalezas de vehículos*

Combustibles derivados del petróleo:

Unas de las fuentes de energía utilizadas por vehículos de toda índole más difundida a lo largo de la historia. Es por ello que cuenta con un gran desarrollo e investigación de trasfondo volviendo sus sistemas de funcionamiento cada vez más sofisticados y con un mayor rendimiento, permitiendo el uso de distintos combustibles derivados del petróleo, aprovechando su energía en la reacción exotérmica de la mezcla de combustible/oxígeno de la forma más eficaz y eficiente posible.

- _ Abastecimiento fácil y rápido.
- _ Buenas sensaciones.
- _ Consumos más bajos en motores de última generación.
- _ Emisiones de NOx y partículas muy controladas en coches modernos.

Combustible GNC:

Si bien pareciera ser una fuente de energía relativamente reciente ha estado muy extendido desde hace siglos. Los primeros vehículos a gas funcionaban sin presión y comenzaron a predominar a consecuencia de la escasez de gasolina durante la Primera Guerra Mundial, lo que se intensificó aún más en la segunda.

- _ El costo del m³ es por mucho menor al precio de las naftas o gasoil.
- _ No produce ningún tipo de daño al motor, como falsas creencias lo dicen.
- _ Un metro cúbico de gas rinde 13% más que un litro de nafta.
- _ Las reservas gasíferas del país duplican a las petroleras.
- _ No existe una red de distribución a lo largo de todo el país para estaciones de GNC.
- _ Si el equipo no está instalado correctamente, puede producir grandes niveles de contaminación ambiental, al generar altos niveles de monóxido y dióxido de carbono.
- _ Costo inicial elevado. Se debe contar con una buena suma de dinero para adquirir GNC para autos.
- _ Los equipos GNC tienen menor autonomía que otras alternativas de combustibles.
- _ El recipiente de combustible es pesado, y posee un volumen considerable.

Vehículos híbridos:

Un vehículo híbrido emplea al menos dos fuentes de energía diferentes para moverse. Por lo general, este tipo de coches combinan un motor de gasolina y otro eléctrico, pero también existen versiones con motores diésel y eléctrico, o de gas natural comprimido (GNC) o gas licuado de petróleo (GLP). Su sistema de propulsión ofrece tres opciones diferentes de funcionamiento: el motor de gasolina mueve las ruedas, el motor eléctrico mueve las ruedas, o ambos al mismo tiempo se encarga de mandar energía a las ruedas.

Esta moderna tecnología, con introducción al mercado en los años 2000, permite reducir las emisiones de hidrocarburos gracias a su eficiencia y capacidad, alcanzando actualmente el desarrollo de sistemas de propulsión sofisticados en vehículos particulares de uso urbano.

- _ Menor consumo de combustible, al funcionar a un régimen óptimo.
- _ Reducción de las emisiones de partículas contaminantes.
- _ Potencia extra suministrada por el motor eléctrico.
- _ Etiqueta ambiental ECO o 0 Emisiones de la DGT (con sus ventajas económicas).
- _ La contaminación sonora es prácticamente nula.
- _ Son coches, por lo general, más caros que sus homónimos con motor térmico tradicional.
- _ Aumenta el peso al incrementar el número de componentes.
- _ Fiabilidad reducida por la complejidad del sistema de propulsión.
- _ No son el mejor vehículo en carretera., pero su eficiencia en ciudad se multiplica.
- _ El mantenimiento suele ser más costoso. El sistema de propulsión dual de los híbridos complica su mantenimiento.
- _ Las baterías pueden suponer un problema. Tanto económico como medioambiental: reponer la batería de un coche puede costarte varios miles de euros si no dispones de la garantía; la disposición de las baterías cuando llegan al final de su vida útil también es a día de hoy un quebradero de cabeza, ya que son tóxicas y no reutilizables.
- _ No están libres de emisiones al 100%. Los híbridos aun generan un nivel de emisiones lo bastante elevado como para que hayan quedado incluidos dentro de la Ley de Transición Energética que prohibirá la venta de estos coches, junto con los diésel y gasolina, a partir de 2050.

Vehículos eléctricos:

Por curioso que pueda parecer, el inicio de la historia del vehículo eléctrico es anterior a la de su homólogo de combustión interna. Sin embargo, la abundancia de petróleo puso freno al desarrollo de esta fuente de energía impulsando la de su competidor. De esta manera el precio de los medios de transporte eléctricos desfavorablemente elevó su coste siendo una alternativa inaccesible e inviable. Pese a lo anterior, en los años 70 frente a la crisis energética del petróleo y la toma de conciencia del efecto invernadero/emisiones los vehículos eléctricos resurgen. El resurgir es al principio tímido, pero da lugar a modelos desde vehículos utilitarios hasta autobuses e incluso camiones. Llegando así a los modelos más conocidos en la actualidad como el Toyota Prius aunque es un auto híbrido, o como los autos correspondientes a la empresa Tesla.

El incremento en las ventas de los autos eléctricos es una realidad que va tomando terreno en los países de Europa, Estados Unidos, Japón, China, entre muchos otros. Esto se debe a la baja de costos de las baterías de ion-litio por kilovatio-hora, que llegó hasta un 85% producto de la combinación de la economía de escala en la manufactura y las mejoras tecnológicas. Este aumento de demanda y la conciencia ambiental hizo que se invierta mucho en investigación para obtener mejoras, las cuales se ven reflejadas en los costos y sobre el precio, que es una de las cosas que más les interesa a los clientes. Con estos ritmos en la reducción de costos y de precio se prevé que los autos eléctricos sean más baratos que los vehículos de combustibles fósiles para fines de esta década e inicios de la siguiente. Solo es cuestión de tiempo para que estos sistemas se desarrollen a tal punto que sea más eficientes y más barata su implementación.

- _ No produce contaminación atmosférica.
- _ No produce contaminación acústica.
- _ Ahorro en mantenimiento.
- _ Ahorro en espacio.
- _ Mayor eficiencia.
- _ Poseen menor autonomía.
- _ Falta de estructura para complementar su uso a nivel nacional.
- _ Precio relativamente elevado.
- _ Falta talleres/mano de obra especializada para su manutención.
- _ Latente posibilidad de una sobrecarga del sistema de suministro eléctrico ante un uso masivo.

4.1.3 Tendencia Actual

En la actualidad, la evolución de los medios de transporte tanto para mercaderías como para personas se ha desarrollado tanto y sufrido incontables alteraciones, que ya no hay un lineamiento claro de lo que se quiere lograr.

La tecnología ha proporcionado un gran aporte a los diversos vehículos, pero los intereses variados por parte de los sectores como las carreras deportivas, la industria, los viajes por placer, el turismo, las decisiones políticas basadas en el comercio así como las basadas en el cuidado del medio ambiente, y el rápido crecimiento de los conocimientos técnicos y el desarrollo de materiales y procesos de fabricación (tecnología) que provocan una constantes retroalimentación en dichos sectores, ocasionan un amplio abanico de posibilidades en donde la necesidad de tener un medio de transporte por la necesidad de llegar de una ubicación a otra paso a estar en un segundo plano.

Vivimos en una sociedad que se mueve principalmente gracias al petróleo, al gas y al carbón. Los combustibles fósiles son los encargados de abastecer muchas de nuestras necesidades energéticas diarias, con el transporte y la calefacción como principales consumidores de estas fuentes de energía. La clave para reducir el consumo de combustibles fósiles, y como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero, es electrificar los consumos energéticos en la medida de lo posible. Es decir, cambiar consumos que actualmente se abastecen con combustibles fósiles por otros que se alimenten con electricidad. ¿Por qué electricidad? Básicamente, porque la energía eléctrica es capaz de reemplazar a los combustibles fósiles en multitud de escenarios, y hacer el mismo trabajo de forma mucho más limpia y eficiente. El ejemplo más claro quizá sean los vehículos eléctricos, capaces de realizar las mismas funciones que los de combustión, pero con unas emisiones y un consumo energético mucho menor.

De acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía (IEA), el transporte es responsable de una cuarta parte (25%) del total de emisiones de CO₂ en la atmósfera, cantidad tan solo superada por la de generación de energía y calefacción mediante combustibles fósiles (44%).

Dentro de este 25%, debemos distinguir que dos tercios de este se deben a la suma de transporte ferroviario, marítimo, aéreo y de turismos y vehículos ligeros.

Actualmente, el transporte por carretera es el responsable de distribuir el 75% de las mercancías internacionales que llevan a los principales puertos del mundo, encargándose el ferrocarril del 20%, y un 5% se emite por vías interiores navegables.

Dos son los conceptos más destacados si hablamos sobre el transporte de futuro: “Sostenibilidad y Tecnología”, que básicamente apuntan a la regulación de emisiones para el cuidado del medio ambiente.

Sostenibilidad:

Uno de los grandes desafíos del transporte terrestre será reducir la emisión de gases de efecto invernadero en base a un menor consumo energético y a la descarbonización.

De cara a materializar este objetivo, el Consejo Asesor Europeo de Investigación sobre el Transporte por Carretera calcula que, en 2030, las flotas de transporte terrestre podrían estar preparadas para utilizar motores eléctricos en traslados de corta y media distancia.

Esto conllevaría de grandes inversiones en infraestructura, que permitirían ampliar la eficiencia energética a los traslados de larga distancia y llevaría al ambicioso horizonte “0 emisiones” que la industria contempla para el año 2050.

Las habilidades en conducción económica y también en tecnologías de la información para la optimización de rutas han sido también puntos determinantes en los cuales las empresas del sector han invertido de cara a formar a sus conductores, mejorando la gestión de las cargas y optimizando los procesos. Además, existen también otros campos de mejora que se deben abordar desde la administración pública, eliminando los puntos negros y cuellos de botella de las carreteras, con el objetivo de dinamizar la movilidad.

Tecnología:

Respecto a la perspectiva tecnológica, es ya una realidad que el futuro de los distintos medios cuenta con este denominador común, y que la digitalización ya forma parte de las flotas y los procesos de las empresas de transporte y logística, optimizando procesos y también las tomas de decisión.

El transporte por carretera forma parte de los sectores pioneros en la digitalización, y algunos ejemplos son los avances más innovadores desarrollados por ciertos fabricantes, como pueden ser el platooning (también denominado trenes de carretera) o las caravanas de camiones automatizadas interconectadas, que podría mejorar la eficiencia de las flotas reduciendo el consumo energético, las emisiones y los costes, reduciendo también la fatiga acumulada en los conductores, lo que repercute en una mayor seguridad vial.

4.2 -Baterías

4.2.1 Concepto

Se denomina batería, batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad; este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces. En general, una batería consta de dos electrodos (*ánodo* y *cátodo*) del mismo o distinto material, sumergidos en un electrolito donde se mueven los iones que almacenan la energía y un separador que evita que los electrodos entren en contacto directo entre sí.

Su funcionamiento se basa en un proceso reversible llamado reducción-oxidación (*reducción redox*), donde unos de los componentes pierde electrones (se oxida) y el otro gana electrones (se reduce), pudiendo retornar al estado inicial bajo circunstancias adecuadas: el cierre del circuito externo, durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente, igualmente externa, durante la carga.

4.2.2 Introducción

¿Cómo han evolucionado las baterías? Actualmente, son un dispositivo de alto valor y que se encuentra más en estudio que nunca, debido a la abundancia de vehículos eléctricos, u otros dispositivos que dependen directamente de esta tecnología para cumplir su cometido, por lo que marcas reconocidas de diversos ámbitos (industrias automovilísticas, informáticas, de electrodomésticos, etc.) direccionaron su investigación a este dispositivo, encaminado en el

desarrollo de nuevos materiales y compuestos. Existe una búsqueda constante por reducir el tamaño y peso de las baterías eléctricas alcanzando la mayor autonomía, duración y estabilidad posible, a un coste asequible.

Monetariamente hablando, el costo de las baterías eléctricas ha evolucionado rápidamente, democratizándose de una manera mucho más acusada de lo que lo han podido hacer otros dispositivos actuales. En el año 2010 se pagaba hasta más de 6 veces que hoy por el mismo producto, es decir, hace 11 años el precio del kilovatio-hora (kWh) era de unos 1.100 dólares; hoy podemos adquirir tal cantidad por algo menos de 180 dólares. Durante la próxima década se espera que este precio disminuya a la mitad. En nuestra vida diaria, esto puede redundar en un coste de adquisición de vehículos eléctricos mucho más bajo que una alternativa similar de combustible fósil. **Notablemente el transporte de forma autónoma está realizando un cambio drástico en sus bases, y es nuestro concepto el que debe adecuarse a ello, permitiéndose salir de los conceptos convencionales arraigados desde tiempos pasados.**

4.2.3 Evolución

A lo largo de la historia se han creado diferentes baterías, hasta alcanzar aquellas de uso práctico, eficiente y de viable construcción, como las baterías de iones de litio actualmente difundidas. Si bien alrededor de 1912 se comenzó a desarrollar y experimentar con las baterías de litio, resultados fructíferos se apreciaron a partir de la década del 70 a causa de la crisis del petróleo. En principio el metal de litio utilizado en aquella época para el ánodo provocaba incendios, por lo que su peligrosidad era elevada, cuando estas baterías se sobrecalentaban, llegaban a explotar. A medida que avanzaban los años, se investigaba con nuevos materiales basados en cobalto o el *grafito*. Fue en 1996 cuando se logró un avance en baterías de litio consiguiendo la primera batería de polímero de ion de litio recargable. Desde esta fecha hasta el presente no ha habido logros significativos, de hecho, las baterías que existen en la actualidad son compuestos de litio o derivados del litio con la particularidad que son más eficientes.

Actualmente estos materiales siguen siendo necesarios para la fabricación de nuestras baterías, lo que ha provocado que algunos de ellos, como el litio, disparen su precio en el mercado. Es por ello que muchas empresas están buscando una alternativa más asequible a estos materiales, como el níquel, manganeso o el hierro. En el mercado de las baterías, cuando un componente es más barato significa que su rendimiento es notablemente inferior, por eso una gran cantidad de multinacionales han investigado para hallar tres fórmulas y combinación ánodo/cátodo principales:

- Óxido de níquel, manganeso y cobalto (NMC): Estructura de la marca de vehículos Tesla presentada en 2012, que repercute en un incremento de energía, autonomía y disminuye costes de la batería. Es una reformulación en los componentes de sus baterías, que permite prescindir aún más del cobalto, objetivo buscado desde un inicio dado que este es un metal pesado, costoso y relativamente raro, con efectos adversos en su proceso de extracción. No son muy utilizadas en vehículos eléctricos por su coste económico, a excepción de aquellos en donde el coste no es un límite por su muy baja tasa de autocalentamiento y mejor densidad energética frente a las LFP.
- Óxido de níquel, cobalto y aluminio (NCA): Estructura lograda por diversos investigadores (Panasonic y Tesla), utilizada en 2017. Esta reformulación, consiste en la incorporación de aluminio (en el cátodo) y óxido de silicio (en el ánodo), lo que prescinde el uso de cobalto y grafito respectivamente, disminuyendo costes y peso sin sacrificar rendimiento.

Son pocos comunes en la industria de consumo, pero prometedoras, por su extraordinaria densidad energética. Como contrapartida sus niveles de seguridad son bajos ante la probabilidad de llamas frente a cortocircuitos.

- **Fosfato de hierro y litio (LFP):** Estructura lograda en 2010, que prescinde por completo del uso de cobalto, y utiliza el hierro, material cuantiosamente más económico. Esta reformulación a fines prácticos no resulta positiva, no permite almacenar tantos iones de litio como las alternativas que utilizan cobalto, sin embargo, por su muy bajo coste y alta estabilidad química/térmica, hoy en día se utilizan (en todos los vehículos) a pesar de que las fórmulas anteriores demuestren su superioridad en densidad energética.

4.2.4 Parámetros y Tipos de Baterías

¿Cómo podemos diferenciar y juzgar si una batería es buena o mala? Existen algunos parámetros importantes a tener en cuenta a la hora de comparar baterías: Voltaje, Capacidad, Densidad de energía, Efecto memoria y Tipo de Batería. Lógicamente cada uno de ellos determina el precio de la misma.

El **voltaje o tensión** es un parámetro que depende del tipo de batería y de los materiales de su estructura. El voltaje total de la batería siempre debe coincidir y ser compatible con el de tu batería a fin de garantizar un correcto funcionamiento. Caso contrario pueden existir componentes electrónicos que no soporten dicha tensión errónea y alcancen el fallo.

La **capacidad de corriente** de la batería, normalmente indicada en amperios/hora (AH) o miliamperios/hora (MAH), es un valor a tener en cuenta a la hora de seleccionar una batería que nos indica la cantidad de amperios que puede proporcionar en un determinado tiempo.

¿Qué sucede si conectamos una batería de mayores amperios? ¿Y de menores amperios? En definitiva, conectar una batería de mayor amperaje en un dispositivo eléctrico no resulta perjudicial (respetando el voltaje), el dispositivo consumirá los amperios necesarios, y la capacidad extra de la batería se traduce en un aumento de duración, autonomía, kilómetros recorridos en el caso de un patinete eléctrico, por ejemplo. En cambio, no es posible conectar una batería de menor amperaje al estipulado por el fabricante, es factible que esta se dañe/queme. Aquí entran en juego las protecciones utilizadas, de modo que se corte la salida y no dañar la batería.

En cuanto a la **Densidad de energía**, esta representa la cantidad de energía acumulada por unidad de volumen, medida en (Wh/kg ó Wh/l). Una densidad de energía baja supone que la batería en cuestión requiere mayor tamaño y peso que otra batería con mayor densidad de energía. Las baterías de iones de litio son las que mayor densidad de energía ofrece, punto clave e interesante a tener en cuenta en el diseño de vehículos eléctricos, como lo es el objetivo de este proyecto.

Otro parámetro en cuestión es el llamado **Efecto memoria**. Fenómeno que sufren algunos tipos de baterías por el cual se va reduciendo su capacidad máxima de almacenar energía cada vez que se realizan cargas incompletas, es decir, cuando se comienza el proceso de carga sin haber llegado a una descarga completa. Aunque, en las baterías de litio no existe el efecto memoria propiamente dicho, existe otro fenómeno que si les afecta denominado **Pasivación**: Es una resistencia interna que se crea debido al desgaste de la batería y se incrementa si no se realiza un proceso de carga/descarga por completo, hasta sus límites. Es un proceso reversible, donde la pérdida de capacidad por pasivación se soluciona si se realiza una carga completa, independientemente del tiempo transcurrido desde la última carga completa.

De todas formas, como regla general, comúnmente se denomina “efecto memoria” simplemente al envejecimiento de la batería.

En cuanto a **tipos de batería**, veamos las que habitualmente se encuentran en el mercado y sus contribuciones al transporte electrificado.

➤ **Baterías de plomo ácido**

Está constituida por dos electrodos de plomo y el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico (Baterías de plomo ácido AGM). Presenta como ventaja un precio asequible, y conllevan una fácil fabricación. Sin embargo, como desventaja, tienen baja densidad energética (30 Wh/kg), bajo rendimiento a temperaturas frías y velocidad de recarga, una vida útil limitada a un bajo número de ciclos de carga/descarga, compuestos contaminantes y un peso excesivo, lo que no favorece su aplicación en vehículos eléctricos.

Actualmente, las baterías de este tipo utilizan un electrolito en pasta (Baterías de plomo ácido GEL), que no se evapora y hace mucho más segura y cómoda su utilización.

Referido a vehículos eléctricos ligeros o urbanos, solo aquellos más económicos incluyen este tipo de baterías en su diseño, optando por baterías de plomo ácido de GEL, por su mayor autonomía y durabilidad, aunque tengan un costo superior que las AGM. Sin embargo, se han visto patinetes eléctricos de muy baja calidad, a coste de ser competitivos en precio en el mercado con baterías AGM.

➤ **Baterías de Níquel-Hidruro Metálico (Ni-MH)**

Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico.

Este tipo de baterías se han venido empleando desde el siglo pasado en muchos equipos electrónicos, y también en los coches híbridos (HEV), ya que ofrecen buenas prestaciones: una vida útil y densidad energética mayor (80 Wh/kg), son un 30-40% más ligeras respecto a las baterías de plomo ácido, admiten un gran rango de temperaturas de funcionamiento y sobrecargas.

Los principales inconvenientes, son su elevado costo (aunque llevan mucho tiempo en el mercado), incorrecto funcionamiento en temperaturas altas y su tasa alta de autodescarga (pérdida de carga con el transcurso del tiempo), por lo que es necesario la recarga por la noche, luego de su uso diario. Por último, poseen un efecto memoria considerable, sin embargo, los defectos se pueden solventar o reparar.

Aun así, cuentan con buena capacidad de carga, lo que posibilita su utilización en vehículos eléctricos urbanos ligeros brindando buena autonomía.

➤ **Baterías de iones de litio.**

Las baterías de iones de litio son actualmente la tecnología más utilizada para el almacenamiento de energía y la propulsión de vehículos eléctricos, los cuales con su aparición recibieron un gran impulso, incremento de desarrollo y tendencia en el mercado. Si bien, su costo es elevado respecto a las baterías de plomo y níquel anteriormente mencionadas, poseen grandes ventajas:

Son las más ligeras y eficientes del mercado gracias a su alta densidad de energía (200 Wh/kg), con un peso 3 veces menos que las de plomo y un 30% menos que las de NiMH a igual capacidad.

No exhiben “efecto memoria”, por lo que puedes cargarla en cualquier momento/condición sin sufrir su descarga. En cuanto a esta última, permiten descargas por completo sin daño alguno.

Mayor cantidad de ciclos de recarga, por ende, superior vida útil.

Mayor voltaje, necesitan menor corriente para introducir la misma energía.

Requieren menor mantenimiento cuando se encuentran en modo stand-by. Básicamente puedes dejar de utilizarlas durante periodos de tiempo prolongados, poseen baja autodescarga.

Sin embargo, como contrapartida, dependiendo frente a que estructura de baterías de iones de litio nos encontramos, presentan un comportamiento inestable a elevadas temperaturas, que puede resultar en su destrucción por inflamación o incluso explosión (efecto en baterías de baja calidad). Por este motivo, en su configuración como producto de consumo, requieren la inclusión de dispositivos adicionales de seguridad, lo que incrementa los costes, limitando la extensión de su uso en determinadas aplicaciones, y a bajas temperaturas ofrecen un rendimiento inferior a las baterías de níquel-hidruro metálico.

Como se mencionó anteriormente, hay que tener en cuenta que en el mercado existen numerosas fórmulas y gamas de baterías de iones de litio (NMC/NCA/LFP), que traen consigo muchas características diferentes y **una gran variedad de usos**. Esto significa que **algunas baterías de litio actuales se adaptan mejor que otras** a determinadas aplicaciones. Lo más importante es **elegir la batería que mejor se adapte** a la tarea en cuestión.

4.2.5 Futuro e Innovación

Ya se puede afirmar. Los vehículos eléctricos de toda índole forman parte imprescindible de la industria de la automoción y la movilidad del hombre. Los fabricantes más punteros han logrado lo que, para muchos, era casi un milagro, electrificar toda su gama, y para entender cómo lo han conseguido (y por qué esto solo es el principio), hemos de mirar al desarrollo de las baterías.

La proyección de la industria es desarrollar tecnologías químicas para baterías que reduzcan su coste, permitiendo elevar el alcance de los vehículos eléctricos por encima de los 500 kilómetros, y disminuir el tiempo de carga a menos de 15 minutos. Ese será el punto de inflexión para que los vehículos eléctricos puedan competir con los medios de transporte convencionales a combustión en precio y prestaciones. Sin embargo, durante la próxima década, es probable que la batería de iones de litio continúe dominando el mercado de vehículos eléctricos.

Actualmente la investigación y el desarrollo en conjunto de centros de investigación y fabricantes de vehículos, de nuevos tipos de baterías se está encaminando hacia las llamadas baterías de estado sólido para acelerar su futura aplicación. Su nombre hace mención a que utiliza litio sólido entre el ánodo y el cátodo, como electrolito en lugar del electrolito líquido habitual, elevando la densidad de energía y duración de manera considerable y siendo mucho más ligeras y seguras ante su riesgo de incendio nulo.

Otra dirección que adquiere la investigación y desarrollo de baterías depositando muchas esperanzas es en el grafeno, un nanomaterial descubierto en 2004 que se obtiene del grafito, mucho mejor conductor térmico y eléctrico que el cobre, y además super-resistente, ligero y flexible. El grafeno ya se está probando como material para electrodos en las baterías de litio, lo que disminuiría el tiempo de carga y mejoraría la autonomía de los vehículos eléctricos, aunque como contrapartida presenta dificultades técnicas y elevados costes en el proceso de fabricación.

Los supercondensadores son otro elemento innovador que está atrayendo la atención de la industria del automóvil. Un vehículo eléctrico con supercondensadores podría acceder rápidamente a la energía de la batería para una aceleración instantánea y para otras funciones que requieren mucha energía, por otro lado, también podría almacenar rápidamente la carga entrante a la batería, lo que permitiría dosificar mejor la carga de la batería de litio durante periodos de tiempo más largos, acelerar la carga rápida del vehículo y extender la vida útil de la batería.

En la actualidad la potencia cambia su rumbo, cambia de unidad de medida. Hace no tanto los ecos de un cambio en la movilidad apenas llegaban a nuestras carreteras, hoy la situación es completamente diferente. Así, los CV (caballo de vapor) están dejando paso a los kW (kilovatio).

Se trata de una revolución que nos va a afectar irremediablemente. Si hace diez años un vehículo eléctrico parecía más que una ilusión, de aquí a otros diez años será casi inconcebible encontrar un conductor que no conduzca o haya conducido un vehículo movido por energía eléctrica. Los cimientos se están creando con baterías más seguras y accesibles.

4.3 -Motor Eléctrico

4.3.1. Concepto

Los motores eléctricos son artefactos relevantes para nuestros días, con la capacidad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica provocando un movimiento de rotación, y así impulsar el funcionamiento de máquinas/herramientas y artefactos cotidianos de nuestras vidas. Esto ocurre por la acción de campos magnéticos generados gracias a las bobinas.

El motor eléctrico se erige hoy en día como una alternativa firme y sustentable frente al motor de combustión interna, su principal competidor, con ventajas como: tamaño y peso reducido, potencia bastante alta, rendimiento promedio de un 75%, no emite sustancias contaminantes y no requiere ventilación externa. Además, poseen proporciones estandarizadas, esto ayuda en gran medida a mejorar la selección de acuerdo a la potencia que se desea alcanzar para el dispositivo donde se implementará.

4.3.2. Introducción

Un motor eléctrico puede alimentarse con fuentes de corriente alterna o de corriente continua, y ambas poseen sus pros y contras.

Centrándonos en el objetivo de nuestro proyecto final, el diseño y desarrollo de un vehículo urbano ligero, profundizaremos respecto a los motores utilizados por estos tipos de vehículos, los motores eléctricos de corriente continua (CC o DC). Su funcionamiento, se basa en la repulsión que ejercen los polos magnéticos de un imán permanente de acuerdo con la Ley de Lorentz, que interactúa con los polos magnéticos de un electroimán que se encuentra montado en el rotor.

Los motores de corriente continua se construyen con rotores bobinados, y con estatores bobinados o de imanes permanentes. Además, existen muchos tipos de motores especiales, como por ejemplo los motores sin escobillas, los servomotores y los motores paso a paso, que se fabrican utilizando un motor de corriente continua como base.

4.3.3. Evolución

Sin duda, el transporte eléctrico va postulándose gradualmente como una alternativa real frente al de combustión, gracias a el motor eléctrico y sus avances tecnológicos que han revolucionado totalmente la automoción, y aunque se van conociendo datos importantes sobre su eficiencia o autonomía, la historia del motor eléctrico para muchos resulta inconclusa.

Los primeros desarrollos y resultados prácticos datan alrededor de 1821, alcanzándose un motor de corriente continua DC de uso viable a fines de la década del 1800. A partir de allí, la implementación de los motores eléctricos condujo a una explosión de interés y uso tanto en la industria como en el ámbito residencial. Sin embargo, el desarrollo de motores eléctricos de aceptable eficiencia se retrasó varias décadas debido a que no se reconoció la extrema importancia de un espacio de aire entre el rotor y el estator.

En la actualidad, los motores DC y brushless han transformado por completo el mundo moderno en sectores como el transporte y movilidad urbana, la sanidad, el ocio y entornos industriales, incrementando su eficiencia y rendimiento considerablemente gracias a la fiabilidad de esta nueva fuente de energía.

4.3.4. Parámetros y Tipos de Motores DC

Los nuevos medios de transporte, vehículos de movilidad personal modernos (*VMP*), como ser patinetes eléctricos, monociclos, skates eléctricos, entre otros, están a la orden del día, ahora bien, ¿Qué diferencia un *VMP* de otro? Independientemente del aspecto constructivo, de los materiales utilizados según un fabricante u otro, quizás se desconoce gran parte de su mecánica y es ahí donde radica la principal diferencia, en el tipo de motor que montan, siendo este uno de los componentes más importante, encargado de convertir la energía eléctrica, aportada por la batería, en energía mecánica, produciendo el movimiento y propulsión del vehículo.

De la misma forma que sucede con los vehículos convencionales que estamos acostumbrados, existen distintos tipos de motores eléctricos que son utilizados por los vehículos de movilidad personal modernos. Por este motivo, hay que prestar mucha atención al corazón de los *VMP* y saber qué tipos hay y qué distintas ventajas ofrecen.

Cuanta mayor potencia conlleve el motor, más energía mecánica proporcionara, esto se traduce en un mejor desempeño del *VMP* (mayor velocidad, reacción, adaptación a superficies inclinadas, entre otras), sin embargo, como siempre sucede, la clave está en encontrar el punto óptimo que mejor se adecue a los objetivos y necesidades que se desean satisfacer.

La selección de motor/es a emplear en un vehículo eléctrico requiere conocer y tener en cuenta ciertos parámetros relevantes, fundamentalmente la masa del vehículo y la aceleración que se quiera conseguir. Por otro lado, estos motores (tanto para BEV - Battery Electric Vehicle, como para PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle) deben considerar ciertas características como: Facilidad de control, Tolerancia a fallos, Eficiencia, La potencia a alta velocidad, La densidad de potencia, Par a baja velocidad, Pico máximo de par en relación al ratio continuo de par entregado, Zona de operación constante extendida, Bajo nivel de ruido y baja interferencia electromagnética (EMI)

Los motores eléctricos empleados en vehículos suelen diferir bastante de los motores empleados en el ámbito industrial, ya que deben conseguir (entre otras) entregar una aceleración determinada. Los motores eléctricos industriales suelen estar optimizados para unas condiciones específicas de funcionamiento, bajo condiciones dinámicas reducidas.

A continuación, veamos los tipos de motores utilizados en *VMP* que habitualmente encontramos en el mercado.

➤ Motor **Brushed (con escobillas)**.

Los motores con escobillas son los motores de CC más comunes, y su principio también consiste en la atracción de dos imanes con polos opuestos. Utilizan A través de escobillas conectadas a un colector realizan el cambio de polaridad en el rotor. Por lo tanto, son las encargadas de conmutar mecánicamente la corriente de las bobinas del motor.

Dichos motores pueden ser de dos tipos principales:

- Motores shunt (con conexión en paralelo). El bobinado inductor principal está conectado en derivación o paralelo con el circuito formado por los bobinados inducido e inductor auxiliar. Poseen un mal par de arranque, pero pueden realizar una velocidad constante independientemente de la carga actuante.
- Motores serie (con conexión serie). El inducido y el devanado inductor o de excitación van conectados en serie. Poseen buen par de arranque, sin embargo su velocidad cae didácticamente con la carga.

Durante el funcionamiento de motores Brushed, a menudo surgen fuerzas electromotrices internas (EMF) y contraelectromotrices (EMF traseras) de acuerdo con las leyes de Faraday y Lorenz. Debido a esto, se genera una gran cantidad de calor. Por lo tanto, en motores grandes y

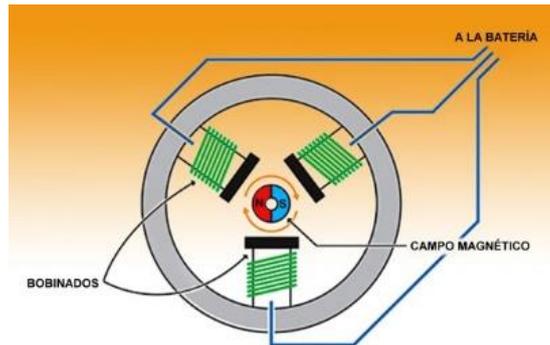
potentes, es extremadamente necesario instalar dispositivos de refrigeración adicionales para evitar incendios.

Un motor **con escobillas es más barato**, ya que el no contar con un control electrónico hace que su precio sea más económico. Pero el sistema de escobillas hace que proporcione **menos potencia, así como un mayor mantenimiento** y un peor rendimiento.

➤ Motor **Brushless (sin escobillas)**.

Los motores sin escobillas o brushless, no llevan colector ni escobillas para cambiar la polaridad en el rotor, por lo que la conmutación de las bobinas se realiza electrónicamente a través de un controlador de motor.

El motor cuenta con tres bobinas de cable de cobre con conexión estrella, y dependiendo del motor, un determinado número de polos para sí mismas. En resumen, la diferencia principal entre un motor sin escobillas y un motor con escobillas es la posición de los imanes permanentes y los devanados de cobre que mueven la armadura: en lugar de imanes estacionarios y devanados giratorios (diseño típico de un motor con escobillas), un motor sin escobillas tiene devanados estacionarios que rodean el eje y un imán giratorio montado sobre el eje del motor en la armadura. Este diseño exclusivo elimina totalmente la necesidad de escobillas y a falta de ello, un control electrónico coordina el suministro de energía a los devanados y controla los mismos.



Este diseño exclusivo elimina totalmente la necesidad de escobillas y a falta de ello, un control electrónico coordina el suministro de energía a los devanados y controla los mismos.

En cuanto al controlador electrónico de velocidad (ESC), dispositivo utilizado para controlar el motor brushless permitiendo hacer el intercambio de conexiones o polaridades en los bobinados, dependiendo del motor y su potencia asociada se puede utilizar un control por medio de pulsos o PWM.

La mayoría de las ventajas de un motor Brushless sin escobillas está dada justamente por la ausencia de estas últimas:

Presenta una mejor disipación del calor, que, en conjunto con la ausencia de fricción, permiten reducir el tamaño de los motores, incrementar su eficiencia y obtener un mayor rendimiento, mejorando la relación potencia de salida y tamaño.

Superior **relación entre velocidad y par motor**, la cual es menor en el caso del motor con escobillas, ya que al incrementar la velocidad estas causan fricción y, por consiguiente, se reduce el par motor.

Menor mantenimiento, una vida útil mayor, y ruido eléctrico mínimo, ya que precisamente no hay limitaciones mecánicas impuestas por el sistema escobillas/conmutador.

Presenta “autoadaptabilidad”, puesto que el sistema electrónico se comunica directamente con los devanados estacionarios, lo que se conoce en el mercado de productos que lo utilizan como “productos inteligentes”. El motor se ajusta según la tarea a realizar, dado que la corriente eléctrica está constantemente controlada por el circuito electrónico de acuerdo con la rotación del motor, consumiendo la energía de la batería de acuerdo a la exigencia producida por el usuario. Por el contrario, un motor con escobillas siempre extrae la máxima cantidad de corriente cuando se utiliza. Esto representa un gran avance cuando se trata de administrar la duración de la batería, aumentando la autonomía y el rendimiento del producto.

No obstante, como contrapartida la introducción de un circuito electrónico basado en sensores de posición de efecto Hall incrementa notablemente los costos de producción de estos motores y añade complejidad a su control, además de imponer limitaciones para usarlos en condiciones extremas.

Está claro que la tecnología usada en motores eléctricos **sin escobillas** proporciona un rendimiento superior, del 85-90%, respecto al motor **con escobillas** con una eficiencia de 75.80%. Sin embargo, el costo de estos motores es un 30% mayor que el de los motores convencionales con escobillas.

Como habrás podido ver, el motor de un patinete eléctrico puede ser de dos tipos: **Brushless o Brushed**, simplemente hay que tener en cuenta las particularidades y elegir el que mejor se adapte a la situación en cuestión, teniendo en cuenta aspectos fundamentales como requisitos de potencia y tamaño.

	Motor BLDC	Motor con escobillas
Conmutación	Conmutación electrónica basada en sensores de posición de efecto Hall	Conmutación por escobillas
Mantenimiento	Mínimo	Periódico
Durabilidad	Mayor	Menor
Curva Velocidad / par	Plana. Operación a todas las velocidades con la carga definida	Moderada. A altas velocidades la fricción de las escobillas se incrementa, reduciendo el par.
Eficiencia	Alta. Sin caída de tensión por las escobillas.	Moderada
Potencia de salida / Tamaño	Alta. Menor tamaño debido a mejores características térmicas porque los bobinados están en el estator, que al estar en la carcasa tiene una mejor disipación de calor.	Baja. El calor producido en la armadura es disipado en el interior aumentando la temperatura y limitando las características.
Inercia del rotor	Baja. Debido a los imanes permanentes en el rotor	Alta. Limita las características dinámicas.
Rango de velocidad	Alto. Sin limitaciones mecánicas impuestas por escobillas/conmutador.	Bajo. El límite lo imponen principalmente las escobillas.
Ruido eléctrico generado	Bajo	Arcos en las escobillas
Coste de construcción	Alto. Debido a los imanes permanentes	Bajo.
Control	Complejo y caro	Simple y barato.
Requisitos de control	Un controlador es requerido siempre para mantener el motor funcionando. El mismo puede usarse para variar la velocidad.	No se requiere control si no se requiere una variación de velocidad.

4.3.5. Futuro e Innovación

Actual y constantemente el desarrollo y la investigación se encuentran direccionadas con el fin de lograr una perfecta adaptabilidad de los motores eléctricos a las infinitas situaciones y preferencias que demandan los comitentes y/o usuarios. Los motores Brushless, anteriormente mencionados son el auge, y es por eso que su desarrollo se incrementó en los últimos tiempos.

Últimamente se han lanzado al mercado varias soluciones de motores brushless innovadores en lo referente a respuesta dinámica, tamaño y densidad de potencia. Se presentan soluciones pertenecientes a una nueva familia de productos desarrollados para movimientos dinámicos. Gracias a su concepto de motor sin bastidor, que se completa con el encoder TSX-MAG: un nuevo encoder con eje pasante y que no se monta directamente en el eje del motor brushless (off-axis), ofreciendo gran libertad en el diseño. El encoder puede generar tanto señales Hall como incrementales, lo que permite al motor con-mutar con orientación al campo.

Otra innovación de Motores brushless, consiste en la familia de motores de rotor externo y alto par, que pueden configurarse online y están diseñados para obtener un máximo rendimiento gracias a su tecnología especial de bobinado y a sus imanes segmentados. La relación de par, peso y volumen es única y está perfecta para UAVs (vehículos aéreos no tripulados) y aplicaciones de robótica, lo que los hace perfectos para soluciones de accionamiento compactas que requieren un alto par.

5. -ANTEPROYECTO

5.1 -Estudio de Factibilidad del Proyecto

En esta instancia, antes de comenzar con el desarrollo del proyecto en cuestión, es importante evaluar la factibilidad del mismo, considerando distintos aspectos que intervienen (o podrían intervenir) y eliminando las incertidumbres que puedan surgir en el proyecto. De esta manera, se logra una base inicial de datos/información, que, si bien no proporciona una respuesta directa sobre el grado de seguridad del proyecto, ni sobre la relación beneficios/ganancias, es capaz de indicar si es probablemente posible llevar a cabo el proyecto de forma técnicamente sólida y económicamente viable, para así, pasar a la fase siguiente, otorgándole “luz verde” al proyecto.

5.1.1 Factibilidad Comercial

En primera instancia, se realizó un estudio del mercado a nivel global, investigando no solo el mercado nacional sino también el mercado internacional. De esta manera pudimos notar la gran velocidad con la que este tipo de vehículos eléctricos de uso urbano están adquiriendo popularidad entre los usuarios invadiendo de forma exponencial el mercado, por lo que actualmente es posible que usted aprecie algunos de ellos al recorrer unos pocos kilómetros en su lugar de residencia. Tal es su difusión actual, que marcas reconocidas de automóviles convencionales, como ser Volkswagen, Toyota, Ford, Mercedes Benz, entre otras, han lanzado en este último tiempo prototipos al mercado, obteniendo una respuesta meramente positiva por parte de los clientes. De esta manera, surge la pregunta... ¿Serán estos vehículos eléctricos los vehículos urbanos del futuro? ...Un futuro que ya está sucediendo.

Los datos de ventas de dispositivos de transporte eléctricos son limitados y algo ambiguos, sobre todo en la categoría que incluyen los modos de transporte eléctricos pequeños, livianos y de baja velocidad para cortas distancias, a lo que denominamos concepto de **electromicromovilidad** (en adelante, **EMI**), aun así, indican una creciente demanda. Asimismo, el incremento de la demanda fue acompañado por la inversión, ya que se registraron inversiones por más de USD 5.700 millones de dólares en start-ups (empresas emergentes) de EMI desde 2015, más del 85% focalizadas en el mercado chino (McKinsey, 2019).

Si bien los monopatines eléctricos personales han estado en el mercado durante décadas, la aparición más reciente de sistemas compartidos en las ciudades ha elevado significativamente este modo de transporte en términos de conciencia pública y cantidad de viajes. Las principales ciudades de Estados Unidos fueron pioneras a fines de 2017, y las empresas se expandieron a los principales mercados europeos, como París, y algunas ciudades latinoamericanas, como Bogotá y Ciudad de México, en 2018. Con tasas de adopción extraordinarias, estimadas en cuatro veces más rápidas que las de los esquemas de bicicletas compartidas, se estima que la cantidad de usuarios supera los 20 millones solo en Europa. Sin embargo, dado lo reciente del fenómeno, las investigaciones y datos disponibles son limitados.

Por su parte, además del aumento de vehículos de electromicromovilidad en la propiedad individual, la electromicromovilidad en vehículos compartidos también ganó popularidad durante la última década. Esta expansión de la micromovilidad se apoya sobre factores económicos que inciden en la oferta, por ejemplo, los costos actuales de adquisición de un monopatín eléctrico son de aproximadamente USD 400, en comparación con los miles de dólares necesarios para comprar un automóvil. En el caso de uso compartido (o público) una estimación de un caso comercial de un líder en movilidad compartida muestra que *un monopatín eléctrico podría alcanzar el equilibrio económico en menos de cuatro meses*.

La asequibilidad de las bicicletas y monopatines eléctricos suele evaluarse comparándola con la de una bicicleta tradicional, asumiendo que los modelos eléctricos desplazarán principalmente los viajes en bicicleta con tracción a pedal. Sin embargo, estos modos pueden servir como sustitutos competitivos para taxis y viajes en automóviles y motocicletas, tanto compartidos como privados, por lo que las comparaciones también deberían incluir los vehículos de motor. Cabe destacar que la **idea en cuanto a lo económico del proyecto en cuestión es lograr un diseño y mantener el costo de asequibilidad del mismo para el consumidor similar al costo de una bicicleta convencional de gama media, de esta manera estaríamos incentivando a los consumidores al uso y adquisición de los VMP, promoviendo el ingreso al segmento de la movilidad sustentable, desplazando como se mencionó anteriormente el uso de las bicicletas a pedal.**

En lo que respecta a las perspectivas futuras del mercado, según estimaciones de McKinsey (2019), la micromovilidad podría abarcar teóricamente todos los viajes de pasajeros de menos de 8 kilómetros (5 millas), que representan entre el 50% y el 60% del total de los kilómetros recorridos por pasajeros hoy en China, la Unión Europea y los Estados Unidos. Alrededor de 60% de los viajes en automóvil son de menos de 8 km, por lo que podrían también reemplazarse por soluciones de micromovilidad, que también podría cubrir aproximadamente el 20% de los viajes en transporte público, así como todos los viajes realizados en bicicletas privadas (propias), ciclomotor o a pie. Sin embargo, la misma consultora estima que la capacidad real de la EMI de esos mercados de movilidad se ubicaría entre el 8% y el 15% del mercado teórico descrito. Por su parte, el ITDP ofrece una proyección más optimista, pronosticando que el ciclismo a pedales y la capacidad de la EMI juntos podrían representar el 18% del total de los viajes urbanos para 2030 y el 22% de los viajes urbanos para 2050 a nivel mundial. Entre sus restricciones se incluyen su poca adecuación para determinados casos de uso de movilidad relevantes (por ejemplo, ofrecen un limitado espacio para ir de compras), condiciones climáticas, franjas etarias que quedan excluidas por falta de adecuación, y la menor presencia de la micromovilidad en las zonas rurales.

De esta manera es posible visualizar y realizar una primera valoración positiva de las posibilidades de que la Argentina se incorpore como productor al paradigma de propulsión eléctrica (PE), tanto en la producción de vehículos pertenecientes a la categoría EMI y su transición, y quizás sus partes y componentes principales. Seamos conscientes, y partamos de la premisa de que la transición a la electromovilidad será inevitable. Es conveniente entonces pensar un escenario orientado por una estrategia y una política industrial específicas, basadas en los saberes y capacidades tecnológicas disponibles en el país y que promuevan un proceso de construcción de capacidades, de instituciones y de nuevas formas de interacción público-privada, para facilitar el desarrollo local dentro del PE de la movilidad en general.

Al menos preliminarmente, aparecen oportunidades en algunos de los segmentos correspondientes a la micromovilidad con base eléctrica. Las barreras a la entrada en la producción de estos vehículos, tanto de tipo tecnológico como de escala, parecen ser abordables dadas las capacidades instaladas en la Argentina.

5.1.2 Factibilidad Técnica

En esta sección se desarrollan algunas consideraciones en cuanto a aspectos tecnológicos del paradigma eléctrico y las perspectivas de internalización en la Argentina, ya sea de la producción o ensamble de partes y componentes que conforman a los vehículos de la micro movilidad. Para ello se realizó una matriz de información, en la cual los diferentes segmentos asociados a la micro movilidad (Filas) están ordenados en función del ritmo previsto de su respectiva curva de electrificación (de corto a largo plazo), encontrándose en primer lugar los VMP. En las columnas se incluyen los sistemas y componentes específicos del *power train*

eléctrico (Sistema de propulsión que utiliza un vehículo para moverse), como ser: baterías (celdas, módulos y packs), BMS (plaqueta y software), motor, sistema de control (plaqueta y software) y cableado. Se consignan también como columnas la fabricación o ensamblado del vehículo completo y el sistema de carga (cargador).

Utilizando este recurso metodológico, se buscó sintetizar y clasificar información principalmente sobre barreras asociadas a la escala de producción, otras barreras a la entrada (tecnológicas, institucionales o de configuración de mercados), capacidades técnicas y otros requerimientos de formación o capacitación de recursos humanos, y ejemplos de las empresas principales y los eventuales actores.

A efectos de facilitar la presentación e identificación de eventuales espacios de intervención para promover la internalización de la producción de los componentes del *power train*, la matriz es tratada como un mapa de calor y las celdas coloreadas según su grado relativo de oportunidad o dificultad. El gradiente máximo de oportunidad está señalado de color verde y, en el otro extremo, el máximo de dificultad se presenta con el color rojo; las situaciones intermedias de dificultad se expresan de color amarillo (moderada) o naranja (fuerte). El análisis que fundamenta estas opciones se basa principalmente en consideraciones de naturaleza tecnológica (escala mínima y otras barreras tecnológicas) e institucionales o de mercado (formas de competencia predominante).

Segmento	Datos relevantes	Baterías		BMS		Motor	Controlador motor		Cableado y conectores	Vehículo completo	Cargador
		Celdas	Módulo/pack	HW	SW		HW	SW			
Bicicletas eléctricas & VMP - Vehículos movilidad personal (monopatines, hoverboards, etc.)	Escala	8-15 GWh/año (y creciendo, Panasonic anunció fábrica de 35 GWh/año para 2020)	Alta	-	-	Alta	-	-	Alta	Alta para VMPs Bicicletas la parte mecánica puede aprovechar escala existente	Alta
	Otra barrera	I+D, patentes, supply chain (cobalto, litio)	-	Integrado en módulo batería	-	Integrado en motor	-	-	-	I+D, patentes, supply chain (cobalto, litio)	-
	Capacidades	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jugadores	LG Chem, CATL, BYD, Panasonic, Tesla, Samsung	Productores China	Productores China	Productores China	Productores China	Productores China	Productores China	Productores China	Xiaomi, Segway-ninebot (China), otros Productores China	Productores China

Matriz de información tecnológica. Segmentos asociados a la micro movilidad.

Nos centraremos en el análisis del segmento correspondiente a los VMP, vehículos relacionados con el proyecto en cuestión. La producción de bicicletas eléctricas y VMP es un segmento en cuyos eslabones se impone la escala, por lo que China monopoliza prácticamente todos los aspectos de la producción y/o aprovisionamiento de partes y piezas.

En efecto, para que una fábrica de celdas en este segmento sea eficiente y competitiva, los 8 a 15 Gwh/año pasan a ser unos 30 millones de monopatines equivalentes (si se dedicaran por completo a ese destino), por lo que no darían las escalas como para contar con una fábrica local en la mayoría de los países y en Argentina en particular.

En cuanto a las escalas para fabricar los módulos y/o packs, también son sumamente elevadas, por lo que los países típicamente importan todo de China. *Askoll*¹, por ejemplo, que también hace bicicletas eléctricas, a pesar de tener el know how para producir toda la bicicleta

¹ *Askoll EVA SpA* es un fabricante italiano de vehículos eléctricos de dos ruedas para movilidad urbana. La empresa con sede en Dueville produce bicicletas eléctricas, scooters y monopatines eléctricos.

(incluidos el módulo/pack, el BMS² y los circuitos PCB), no tiene escala suficiente como para hacerlas completamente in-house. Directamente las importan de China con sus baterías ya incorporadas dentro del chasis. Asimismo, para la industria China el módulo de bicicletas es una tecnología madura, por lo que las escalas que han desarrollado son difícilmente alcanzables para cualquier otro país. Algo similar ocurre con los elementos/componentes restantes, motores y su respectivo controlador, cableado y conectores y cargador. China básicamente concentra su fabricación.

Considerando al vehículo competo, la evidencia señala que, si bien es posible hacer algún tipo de montaje basado en una serie de componentes importados, no parece eficiente y competitivo hacer mucho más que eso. Se puede importar el monopatín en dos piezas y montarlo, o que las bicicletas vengan desarmadas y se terminen de montar localmente para optimizar la volumetría logística de transporte desde China, pero esto también involucra escalas muy elevadas.

Ahora bien, si un país ya posee una fabricación nacional desarrollada y competitiva de bicicletas a pedal, se puede pensar en el desarrollo de adaptaciones para electrificar bicicletas, inicialmente con kits importados de China, por ejemplo. Esto les permitiría a estos fabricantes sumar un volumen adicional de producción, con mayor valor agregado y un precio de venta diferencial; pero típicamente iniciaría con kits chinos si pretenden ser competitivos. Es posible generar casos de éxito, por ejemplo, con firmas que aporten el diseño, pero en general, los componentes se importan y a lo sumo se ensamblan localmente tomando los ya probados en el mundo. Exactamente la misma situación se podría trasladar y aplicar para el caso de iniciar una empresa de monopatinés eléctricos.

Para el caso argentino, si se detectan fabricantes competitivos (casos de éxito) de bicicletas mecánicas, parece lógico apoyarlos para que comiencen a electrificarlas, ya que a medida que bajen los precios de los kits de electrificación, la bicicleta eléctrica ira ganando terreno. Todo indica que este tipo de vehículo va a crecer muy rápidamente en los próximos años, tanto para el mercado privado como para las flotas y el compartido. Así, más allá de la tecnología, hay que concientizar a los productores acerca de que el mercado va hacia estos segmentos electrificados y que deben prepararse para ello si quieren sobrevivir y competir allí.

El segmento de monopatinés concentra su producción casi por completo en China. Un aspecto para tener presente es la posibilidad de desarrollar en el país los servicios de posventa, accesorios, reparación y todo lo que gira en torno a estos segmentos, aunque también es esperable que ese entorno se genere espontáneamente a la par del crecimiento en el uso de estos vehículos.

5.1.3 Factibilidad Económica

Actualmente, estamos cada vez más concienciados con el medio ambiente, por lo que existe una creciente tendencia hacia los medios de transporte no contaminantes, junto con otros problemas originados en la rutina diaria en zonas urbanas, lo que nos ha llevado a usar elementos de transportes alternativos a los que utilizábamos de manera habitual. El patinete eléctrico ha pasado de ser un producto casi anecdótico a formar parte del parque móvil de muchas familias. Por esta razón, podría atribuirse al proyecto en cuestión, de diseño y producción de monopatinés eléctricos, un alto nivel de seguridad de que será viable y exitoso.

A menudo vemos más personas que se adentran en el segmento de monopatinés eléctricos, empresas privadas o municipios de diversas localidades que fomentan su uso bajo proyectos

² El BMS o sistema de gestión de baterías es un componente inteligente encargado del control y gestión avanzada del sistema de almacenamiento; podemos decir que se trata del cerebro de la batería. Y su papel es crucial a nivel de seguridad, rendimiento, tasas de carga y longevidad

públicos de alquileres de los mismos. Por ejemplo, en CABA, San Isidro el municipio junto a la empresa Grin han informado desde la Secretaría de Inspección y Tránsito del Municipio, que en la primera etapa habrá unos 60 monopatines distribuidos en comercios, cafés y restaurantes de las distintas localidades del Partido, y la gestión de su uso se hará a través de una app que el usuario deberá instalar en su teléfono móvil.

Haciendo un análisis exhaustivo y profundo, como así también, bajo una mirada objetiva y superficial es posible visualizar que la rentabilidad de un proyecto así, la recuperación de la inversión inicial y los beneficios obtenidos serán altos, al mismo tiempo que el riesgo de inversión financiera no excede los niveles asociados dentro de inversiones de esta índole en proyectos similares.

En cuanto a la inversión inicial, no podemos decir que esta no representa un número elevado, sin embargo, el proyecto permite poder comenzar desde un nivel inferior, adaptable a los recursos del inversionista, aumentando su escala de producción paulatinamente a igual ritmo que el incremento de ventas/comercialización.

Podemos concluir que el negocio se podría implantar, bajo un estudio de viabilidad económica el proyecto es factible. No obstante, si se decidiese seguir adelante con el proyecto, se contactaría con personal cualificado y especializado en el sector para poder hacer un análisis y un presupuesto más exhaustivos. Por otra parte, como se ha ido analizando anteriormente, existe un mercado creciente del producto, debido a la transición hacia la movilidad sostenible que estamos experimentando en la actualidad. Todo ello confirma la viabilidad comercial de la idea del negocio.

5.1.4 Factibilidad Operativa

Respecto a este punto, está claro que la situación de nuestro país es más que favorable. Dado que, en todo el país, desde siempre y hasta la actualidad la posibilidad de concurrir y graduarse de una formación oficial universitaria es gratuita y asequible para los ciudadanos argentinos, contamos con profesionales de diversas áreas/rubros competentes con excelentes capacidades desarrolladas para hacer frente a sus obligaciones en su puesto laboral.

De esta manera, teniendo en cuenta que emprender en solitario resulta muy difícil, para no decir imposible, la búsqueda y contratación de personal adecuado para llevar a cabo cada una de las tareas que surgen de un proyecto de tal envergadura como el que se plantea no vendría a ser una preocupación.

Bajo otra perspectiva, el proyecto en cuestión operativamente es un gran beneficio social, con un impacto positivo en la comunidad, no solo por los beneficios del producto en sí, sino por la creación de fuentes de trabajo novedosas que demandaran capacidades, profesiones y oficios que deben robustecerse. Impulsa la inserción de sectores científicos, tecnológicos e innovadores en este nuevo paradigma y concepción de movilidad, necesidad inherente del individuo moderno.

En un futuro, cercano, surgirá la necesidad de mejorar la infraestructura en todos los sectores, como la infraestructura para la recarga de los mismos (y todo lo relacionado a ella), la aparición de nuevas empresas dedicadas a la fabricación de motores eléctricos, baterías, BMS, entre otros componentes relacionados al producto. No solo nos referimos a fuentes de trabajo en relación con la ciencia e ingeniería, sino también aquellas en correlación con la economía, la política, las ciencias de la comunicación, marketing y mercadeo, entre otras.

Por último, un proyecto como tal exige establecer relaciones, acuerdos y recibir la colaboración de diversos entes, tantos privados como públicos, como municipios, empresas de logística, producción, y a niveles más altos, el gobierno, conexiones que permitan la exportación

e importación, a fin de garantizar con cada una de ellas un producto de calidad asequible para la comunidad, con un adecuado servicio postventa.

5.1.5 Factibilidad Legal

La Legislación existente en la Argentina aún está en proceso de cambios, ya que falta por avanzar en casi siete proyectos diferentes para poder acordar finalmente una legislación nacional sobre movilidad eléctrica definitiva. Sin embargo, ya existen varios puntos que están bien definidos.

En el Foro de Legisladores Latinoamericanos sobre Movilidad Eléctrica, llevado a cabo en mayo de 2019 en el Congreso Nacional con la presencia de legisladores de 9 países, se acordó la elaboración de una estrategia nacional de movilidad eléctrica y cambios en la Ley de Tránsito mediante el decreto 32/2018.

En ella destacan:

- La incorporación de las categorías de vehículos eléctricos según su capacidad en kW.
- Otro de los decretos modificó las licencias de conducir para incluir a los vehículos eléctricos. (26/2019)
- El decreto 230/2019 indicó la reducción del arancel de importación a vehículos eléctricos fabricados en el exterior.

En Santa Fe se votó la Ley N°13781 que promueve la industria de vehículos eléctricos y la tecnología asociada a energías alternativas. También existen proyectos similares en las provincias de Buenos Aires, Neuquén, entre otras.

En cuanto al sector asociado al VMP en cuestión, la Legislación para monopatines eléctrico, en la Capital Federal se aprobó un reglamento que modifica el Código de Tránsito y Transporte. Esta ley establece varios requisitos de seguridad para los usuarios de estos vehículos, como una potencia máxima de 500W y un límite de velocidad de 25 km/hr. También, prohíbe la circulación por la acera y define los 16 años como la edad mínima para utilizarlos.

Se estableció la norma IRAM 60020 que describe los requisitos de seguridad que deben tener las bicicletas eléctricas y vehículos de índole similar VMP.

Por otro lado, el reglamento AEA90364-7-722, definió las bases de las instalaciones destinadas a la recarga pública de automóviles eléctricos, definiendo una tarifa especial dependiendo de bandas horarias. Este reglamento fue desarrollado por la Asociación Electrónica de Argentina.

Este análisis sirve para evaluar que el proyecto no incumpla con ninguna norma o ley municipal o estatal, ya que las consecuencias serían muy graves o incluso ni siquiera podrías llegar a dar el primer paso para iniciar el proyecto, por lo que debe realizarse un estudio exhaustivo e indagar y profundizar en leyes y normas asociadas.

Tras consultar información legal relacionada al producto en estudio, se visualiza un paradigma positivo dentro del ámbito jurídico. Existen incentivos y beneficios tanto para quienes participen en el proceso de transición a la movilidad sustentable, como para los fabricantes como para los usuarios, como ser el goce de eximición del pago de impuestos municipales, la ausencia de licencia de conducir, medidas preferenciales de circulación o estacionamiento, entre otras cuestiones favorables que motiva el uso de los VMP. Por otro lado, los fabricantes cuentan con reducción de aranceles tanto en importación como exportación de productos e insumos, apoyo de entes públicos que promueven el progreso e impulsan el autodesarrollo y facilitan la creación de

fuentes de trabajo. Todos estos puntos positivos son brindados siempre y cuando el producto resulte confiable, seguro y cumpla los requisitos básicos abalados por la ley, luces, velocidades limitadas de acuerdo a la categoría que pertenezca, peso determinado, elementos refractantes, cuestiones dirigidas fundamentalmente a los usuarios referidas a la zona de circulación, entre otros puntos indefectibles al momento de diseñar un VMP.

Se concluye que el proyecto en cuestión se ubica del lado correcto del paradigma actual de nuestro país, que recibirá interés nacional en cada una de las etapas del proyecto, el diseño, investigación, innovación, desarrollo, producción, comercialización, conversión y utilización de vehículos propulsados por fuentes de potencia no convencionales producidos en el Territorio Nacional; así como sus partes, piezas, conjuntos, subconjuntos, accesorios, equipamientos auxiliares, repuestos, insumos, combustibles sustentables y servicios asociados, específicamente destinados a la movilidad sustentable.

5.1.6 Factibilidad Temporal

El tiempo es un parámetro y recurso de suma importancia en el ámbito de los negocios y a la hora de iniciar un proyecto, de otorgarle luz verde al mismo. Un estudio del tiempo requerido de implementación nos permitirá evaluar si es posible realizar el proyecto en el tiempo estimado para ello o si se requiere de tiempo extra para alcanzar las metas establecidas.

Trasladado a nuestro caso, tras indagar e investigar y recaudar información, acerca de las distintas etapas que comprende el proyecto y como llevar a cabo cada una de las mismas, se estima concretar las actividades claves que nos llevarían, como objetivo final, a la venta de un producto comercial exitoso, que se adapte a las necesidades de los clientes transcurrido los 180 días (6 meses).

A partir de entonces, se han priorizado las tareas que llevarán a la fabricación de un prototipo viable económica y tecnológicamente con un equipo de ingenieros. Tras desarrollar un prototipo viable, se procederá a la contratación de trabajadores de producción, marketing y finanzas. Se trabajará durante este primer periodo para sacar un primer lote a la venta, que permita extraer las primeras conclusiones sobre las mejoras a llevar a cabo en las siguientes etapas.

Por último, vale mencionar que siempre existen causas y riesgos no controlables que pueden afectar el curso de las actividades, ya sea positiva o negativamente ocasionado la demora de las tareas posteriores, y por ende el objetivo final. De esta manera, los tiempos entre lo planeado y lo real pueden diferir, sin embargo, una gestión y un estudio del manejo del tiempo es indispensable, esto nos permitirá hacer frente y controlar situaciones no previstas cuando se necesite a lo largo de la implementación del proyecto en una dirección positiva.

5.2-Antecedentes en el Mercado

Con el fin de lograr una alternativa de diseño óptima, se procedió a indagar y realizar una búsqueda exhaustiva de las diferentes opciones existentes en el mercado de vehículos de movilidad personal (VMP) destinados al transporte urbano.

A continuación, a modo ilustrativo, se enseñan algunas de las diversas opciones, tras evaluar y analizar cada una de ellas desde distintos aspectos fundamentales, considerando sus pros y contras.

➤ Vehículos impulsados por motor de combustión interna de pequeña cilindrada, si bien estos no se incluyen en la categoría de vehículos denominada VMP, por tener un motor de combustión interna, son vehículos que los usuarios consideran al momento de adquirir un transporte en núcleos urbanos. Presentan de manera opcional emplear la fuerza motriz humana para su movilidad. Como

puntos negativos, se pueden mencionar la necesidad de considerables tareas de mantenimiento de las partes móviles en juego, sistema de transmisión y el mayor tamaño/volumen que presentan. Por otro lado, vale mencionar como ventaja la gran aceptación que presenta el empleo de un sistema basado en el uso de combustible fósil como fuente de energía por su generalización, antigüedad y difusión a lo largo de la historia, lo que provoca tranquilidad y despreocupación en los usuarios, siendo lo eléctrico como fuente de energía aplicado en vehículos un ámbito desconocido en pleno auge.



Imagen 1: Monopatines y bicicleta impulsados por motor de combustión interna.

➤ Vehículo impulsado por motor eléctrico de baja potencia, que tiene como opción emplear la fuerza motriz humana y a su vez presenta la gran ventaja de hacerse compacto. Sin embargo, requiere un considerable mantenimiento debido a piezas móviles ante la opción de tracción a sangre.



Imagen 2: Bicicleta plegable impulsada por motor eléctrico.

➤ Otras variantes de vehículos eléctricos son aquellos de baja potencia, como ser patinetes eléctricos, monopatines, monociclos, hoverboards, entre otros, que como ventaja resultan ser muy portátiles, pero como contrapartida presentan baja autonomía, y además, no se suelen encontrar en el mercado local debido a su costo. La complejidad que presentan en el manejo es otro factor muy importante a tener en cuenta.



Imagen 3: Vehículos eléctricos de baja potencia.

En cualquier caso, las opciones anteriores representan nuevas formas de movilidad, que permiten el transporte de una persona en un entorno urbano y que han nacido como consecuencia del nuevo paradigma de movilidad en las ciudades. El nivel de población que vive en núcleos urbanos, donde tienen que convivir con los atascos y los protocolos de contaminación se incrementa de manera fuerte, de ahí el auge de los vehículos de movilidad personal.

Los denominados **Vehículos de Movilidad Personal (VMP)** son vehículos de una o más ruedas, dotados de una única plaza y propulsados exclusivamente por motores eléctricos y, para estar encuadrado en este grupo, lógicamente debe cumplir ciertas características muy concretas. A su vez, esto hará que su uso este regido por leyes y normativas específicas... ¿Quieres saber cuáles son las principales tipologías de Vehículos de Movilidad Personal o desde cuándo existen? ¿Te preguntas si es una moda pasajera o ha venido para quedarse?

Según la última modificación del ISSN 2718-8124 en septiembre del 2021 “La transición hacia la electromovilidad”, partiendo desde la premisa de que la transición a la electromovilidad será inevitable, es conveniente entonces pensar un escenario orientado por una estrategia y una política industrial específica, basadas en los saberes y capacidades tecnológicas disponibles en el país y que promuevan un proceso de construcción de capacidades, de instituciones y de nuevas formas de interacción público-privada, para facilitar el desarrollo local dentro del sector de propulsión eléctrica del complejo automotriz y de la industria de la movilidad en general. No habría que descartar la conveniencia de convocar a actores y empresas que son grandes jugadores en el nuevo paradigma y que no tienen tradición productiva en la Argentina. De esta manera, los VMP pueden clasificarse en:

MODO	TIPO	VELOCIDAD	MASA	CAPACIDAD MAX.
Baja velocidad	Bicicletas eléctricas. Monopatines eléctricos.	Comparable con bicicletas a pedal, típicamente entre 25 km/h ó 35 km/h	Entre 25kg	1 persona

Media velocidad	Cuadriciclos livianos, bicicletas de velocidad	Comparable con vehículos para circular en ciudades, típicamente hasta 70 km/h, pero con posibilidad de autolimitar la velocidad hasta una comparable a las de las bicicletas a pedal	Entre 25 y 50kg	1 persona
Alta velocidad	Cuadriciclos pesados, scooters electricos, motocicletas eléctricas.	Comparable con vehículos en autopistas, típicamente hasta 90/100 km/h	Menor a 300kg	1 – 3 personas

La fabricación de patinetes y sus derivados no tiene más de 20 años y su uso se empezó a popularizar en 2015, con la aparición de los *hoverboards*. Pero, sobre todo, es desde 2016 cuando este fenómeno comienza a cobrar relevancia, y desde 2018, parece impararable tras la irrupción en el mercado de los *VMP*, consiguiendo su aprobación legal y normativa permitiéndoles circular obligando a los ayuntamientos a adecuar su normativa municipal a la estatal a partir del 2020.

Los modos de transporte abarcados anteriormente dentro del concepto de electromicromovilidad presentan una alternativa competitiva a los automóviles en términos del tiempo de viaje, y podrían desempeñar un papel clave en la reducción de los viajes en vehículos individuales, a la vez que pueden servir como punto de entrada a una red de transporte sustentable más amplia. En particular, los expertos sostienen que vehículos urbanos ligeros como bicicletas ó monopatines eléctricos, son competitivos en tiempo de viaje, en comparación con los automóviles, en trayectos alrededor de 10km –lo que representa la mayor parte de los viajes urbanos–, además de presentar ventajas respecto a la interconexión con medios de transporte públicos (en el caso de los sistemas de uso compartido, por ejemplo). En este sentido, **los monopatines y bicicletas eléctricas tienen el potencial de convertirse en la “última milla” faltante, complementaria al transporte público urbano**. La siguiente figura representa una combinación de medios de transporte con la inclusión de viajes de corta y media distancia, completados con bicicletas y monopatines eléctricos en lugar de automóviles:

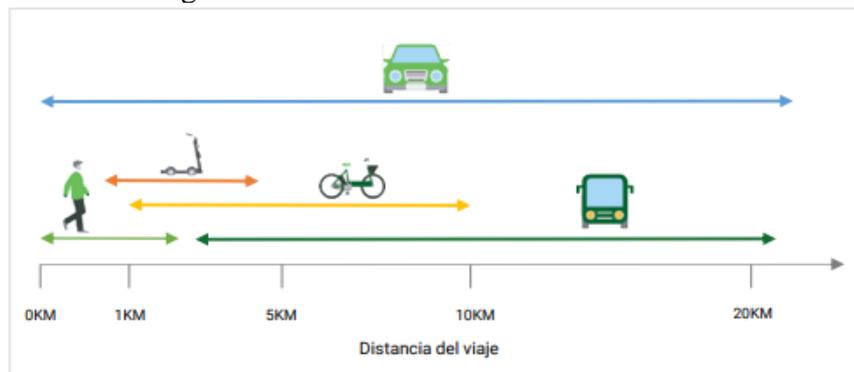


Imagen 4: Combinación de transportes.

Finalmente, es fácil apreciar la gran importancia que han adquirido estos vehículos de movilidad personal en los últimos años, motivo por el cual proponemos y nos centramos en indagar e investigar el sector de los mismos, con el objetivo de lograr el desarrollo de uno de estos vehículos y su incorporación al mercado, en primera instancia nacional.

5.3-Matriz Kano

A continuación, se realizó una comparativa con el método de la matriz KANO de las distintas alternativas expuestas anteriormente:

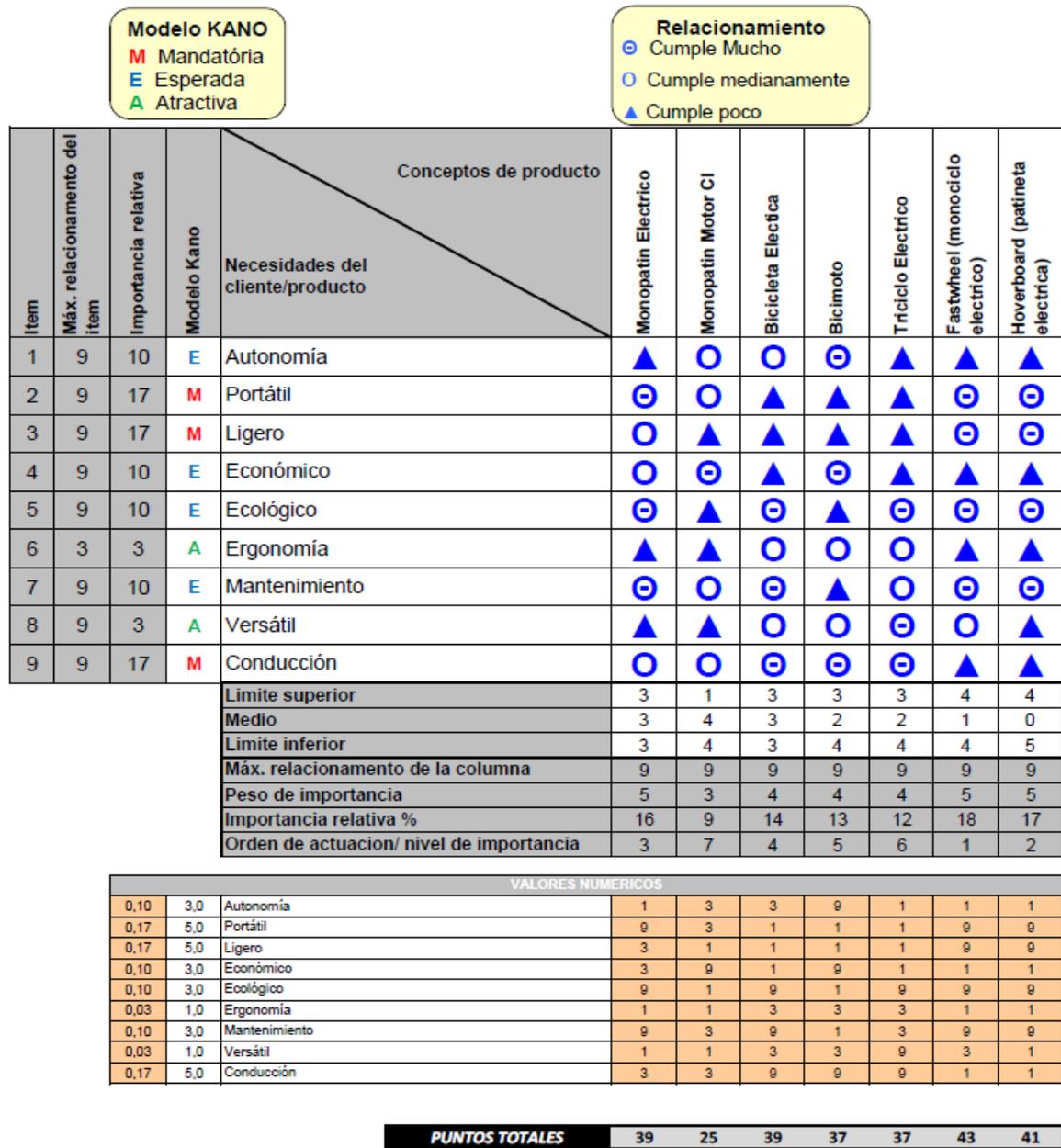


Imagen 5: Matriz del método KANO.

Según lo expuesto por dicho método, se puede llegar a la conclusión de que las alternativas más prometedoras para cubrir la demanda de transporte urbano en grandes ciudades o ciudades que presentan congestionamiento de tránsito, falta de sectores para estacionamiento y/o un déficit en los transportes públicos son: monociclo eléctrico, patinete eléctrico y monopatín eléctrico.

Contemplando las características, ventajas, desventajas y limitaciones de las alternativas ganadoras, junto con la opinión del público en general, se recolecto información para afianzar la propuesta final de un vehículo con las virtudes necesarias que satisfagan las necesidades de futuros usuarios y ser competitivo en el mercado.

5.4-Alternativas de Diseño

Para el presente proyecto, desde su inicio, se plantearon diversos diseños y alternativas constructivas del vehículo en cuestión, cuyo objetivo común puede resumirse en: lograr un vehículo de movilidad personal fácilmente transportable y ligero para permitir abordar un transporte público, un automóvil, guardar en una oficina, subir un ascensor o escaleras, como requisito mandatorio, y la fuente de energía para su impulsión sea la energía eléctrica, adquiriendo al final de su construcción un precio asequible para el consumidor garantizando confianza, seguridad y satisfaciendo sus necesidades de transporte.

Las distintas propuestas planteadas surgieron tras analizar constructivamente algunas cuestiones y características claves, a continuación, se mencionan algunas de ellas:

Cantidad de neumáticos: Define y categoriza al vehículo. Se consideraron diseños desde 4 neumáticos, lo que define un patinete eléctrico (no un cuatriciclo) debido a que su altura respecto al suelo es reducida, como también diseños que contaron con 3 neumáticos. Aquellos con 3 neumáticos, podrían distribuirse por un lado 2 en la parte delantera y por ende 1 en la parte trasera, siendo este de mayor anchura, o viceversa. Por último, y la idea más prometedora de acuerdo al objetivo buscado, un producto con 2 neumáticos, en donde la anchura y ubicación de los 2 neumáticos utilizados podría variar, como ser un neumático más ancho en la parte trasera, adquiriendo mayor estabilidad el vehículo.

Tipo de motor eléctrico: Determinante del sistema de transmisión a utilizar. Existe la posibilidad de utilizar un motor en donde el eje de salida contenga un piñón y por ende la transmisión de potencia a él/los neumáticos se realice por un sistema cadena-corona-piñón. Por otro lado, un motor eléctrico integrado en la propia rueda eliminando ejes y ruedas dentadas intermediarias.

Motores intervinientes: Establece, principalmente la potencia del vehículo, como también el consumo del mismo y se relaciona con la autonomía final del vehículo. Diseños propuestos consideraron la posibilidad de incluir un motor integrado en cada rueda, sin embargo, esto incrementa notablemente los costos y dificulta su sincronismo entre sí. La opción más prometedora pareciera ser no más de un motor interviniente de una potencia adecuada, de acuerdo al peso estimado del producto y la velocidad-autonomía a lograr en el mismo.

Suspensión: Íntimamente relacionado a seguridad y manejo del vehículo. Se consideraron alternativas de diseño con suspensiones incluidas en ambos ejes (suspensión delantera y trasera) como también, la ausencia completa de un sistema de suspensión.

Confort: Referencia a la posición de manejo adoptada al conducir el vehículo. El usuario podría permanecer erguido durante la conducción en todo momento, sentado o existir la posibilidad de escoger una o la otra según lo desee.

5.5-Estudio de Factibilidad de Alternativas de Diseño

Un punto importante a tener en cuenta al momento de pensar la aplicabilidad de las alternativas presentadas es conocer y considerar los insumos/componentes existentes en el mercado actual, y en caso de ser necesaria, la importación de los mismos, de los que necesite el producto para ser construido con éxito.

Actualmente en el país no contamos con una producción nacional Argentina de la mayoría de los componentes necesarios para producir el VMP, motivo por el cual aquellas alternativas de

diseño que conlleven a utilizar una mayor cantidad de insumos serán consideradas inviables en este caso.

Otro punto a considerar es el cuidado que se debe tener respecto a la relación costo/autonomía. Es importante entender que un vehículo de esta naturaleza está limitado por su fuente de energía, que, si bien las baterías evolucionan día a día, el afán de obtener las mismas prestaciones que un vehículo convencional tienden a encarecer demasiado al vehículo eléctrico.

El diseño logrado debe tener muy en cuenta el hecho de limitar su peso final, condición por la cual un vehículo eléctrico está por encima de un vehículo de combustión interna convencional.

Los vehículos eléctricos recientemente están ganando espacio en el mercado global, en donde lo que se puede destacar es la *necesidad de una estética innovadora y futurista que los distinga*. También, se puede destacar, que *los diseños más comunes para pequeños trayectos generalmente no contemplan las cuestiones ergonómicas del usuario*.

5.6-Selección de Factibilidad

Tras considerar ventajas e implicancias que conlleva la aplicación de una u otra de las alternativas antes mencionadas y la tecnología relacionada, y analizar la posibilidad de materialización de los mecanismos propuestos, es que se optó en desarrollar el Proyecto en torno a la siguiente propuesta:

Cantidad de neumáticos: Producto con 2 neumáticos.

Tipo de motor eléctrico: Motor eléctrico integrado en la propia rueda eliminando ejes y ruedas dentadas intermediarias.

Motores intervinientes: Un motor interviniente de una potencia adecuada, de acuerdo al peso estimado del producto y la velocidad-autonomía a lograr en el mismo.

Suspensión: Ausencia de un sistema de suspensión.

Confort: Posibilidad de escoger una conducción con una postura erguida o sentado, según lo deseado por el usuario.

La decisión fue tomada teniendo en cuenta aspectos tales como:

- **Cantidad de movimientos**: Intervinientes en el vehículo, lo que dificulta el mantenimiento e incrementa la existencia de puntos débiles o probabilidades de falla cuanto mayor sea la cantidad de movimiento. Por esta razón se disminuyó el número de neumáticos y motores presentes en el vehículo y se escogió el tipo de motor integrado. Simultáneamente, la propuesta seleccionada reduce los costos de materialización y el precio al consumidor.
- **Control y efectividad**: En la propuesta elegida se puede asegurar un control y efectividad del producto al contar con un solo motor, lo cual no puede, o se dificulta lograrlo en las alternativas restantes al ser necesario un módulo de control y sincronismo entre las partes de mayor complejidad. Esto trae aparejado consigo, un mayor incremento de costos y tiempo de fabricación y montaje, lo que se traduce en una pérdida económica a nivel empresarial.
- **Complejidad**: En este aspecto la propuesta escogida presenta un grado de complejidad reducido frente a las restantes, debido a su ausencia de suspensión y mecanismo de transmisión con ruedas dentadas intermediarias y cadena (menores

componentes móviles, menor mantenimiento), y por otro lado, un reducida complejidad en el sistema de control a contar con un único motor. Sin embargo, al contar con la posibilidad de ser conducido bajo diferentes posturas (erguido o sentado) cuenta con mayores piezas asociadas, pero no representan mecanismos de alta complejidad, al igual que el hecho de que sea retráctil.

- Mantenimiento y cuidado: El diseño del vehículo escogido presenta el menor nivel de mantenimiento, regulación y cuidado que el resto de las variantes analizadas.
- Adaptabilidad/conducción: En este punto la propuesta escogida no es la más factible debido a su ausencia de sistemas de suspensión, sin embargo, tras indagar y analizar la categoría a la que pertenece y el uso que se pretende que los usuarios le otorguen al VMP consideramos que esta no es una característica esencial a tener en cuenta.
- Seguridad y Confianza: Se espera que todas las propuestas de diseño no comprometan en ningún caso y bajo ninguna circunstancia al usuario ni a la integridad del entorno. Se considera este aspecto una condición necesaria para el diseño del producto, sea cual fuere este.

A continuación, se denotan algunos de los requisitos, y sus valores aproximados, a cumplimentar en el diseño del vehículo a desarrollar a fin de satisfacer cada uno de ellos:

- _ Velocidad: 25 – 30 km/h.
- _ Autonomía: 30 – 40 km/paquete de baterías.
- _ Peso propio: 25 – 40 kg.
- _ Carga máxima: 85 – 100 kg.

Vale mencionar, que estos valores son cifras estimadas, planteadas como “*requisitos disparadores*” iniciales, que sufrirán, como en cualquier diseño de tal envergadura, una retroalimentación constante, pudiendo sufrir variaciones y/o modificaciones debido a la versatilidad de los mercados y sectores que entran en juego, auto adaptándose a los mismos.

6. -DESARROLLO

6.1 -Presentación del Equipo

En base a los términos tratados anteriormente y las necesidades impuestas por el mercado y futuros clientes, se llegó a la conclusión de que este es el modelo que mejor se adecua a sus necesidades. Su diseño ocupa relativamente un reducido espacio que junto a la posibilidad de plegarse facilitan su traslado y almacenamiento. No se requiere de una experiencia previa en conducción, por lo que cualquier persona podría convertirse en usuario del vehículo de manera sencilla y rápida. Su diseño con una reducida cantidad de piezas móviles y adecuadas a la tarea, respecto a vehículos convencionales, hacen al equipo muy resistente a la contaminación del ambiente (polvo, agua, humedad) simplificando tareas de mantenimiento.



Imagen 6: Representación del VMP - Vehículo de Movilidad Personal.

Cabe destacar que este diseño supone la integración de diversos sistemas que podrían considerarse relativamente sencillos y el uso de varios componentes estándares, lo que permite escatimar en gastos de logística y producción. Por otro lado, su ensamble final, es de fácil montaje, una vez producidas las piezas/partes del mismo, no requiere de equipo pesado de carga para su manipulación y en su mayoría es posible prescindir de mano de obra especializada, siendo su armado a través de operaciones simples mediante tornillería.

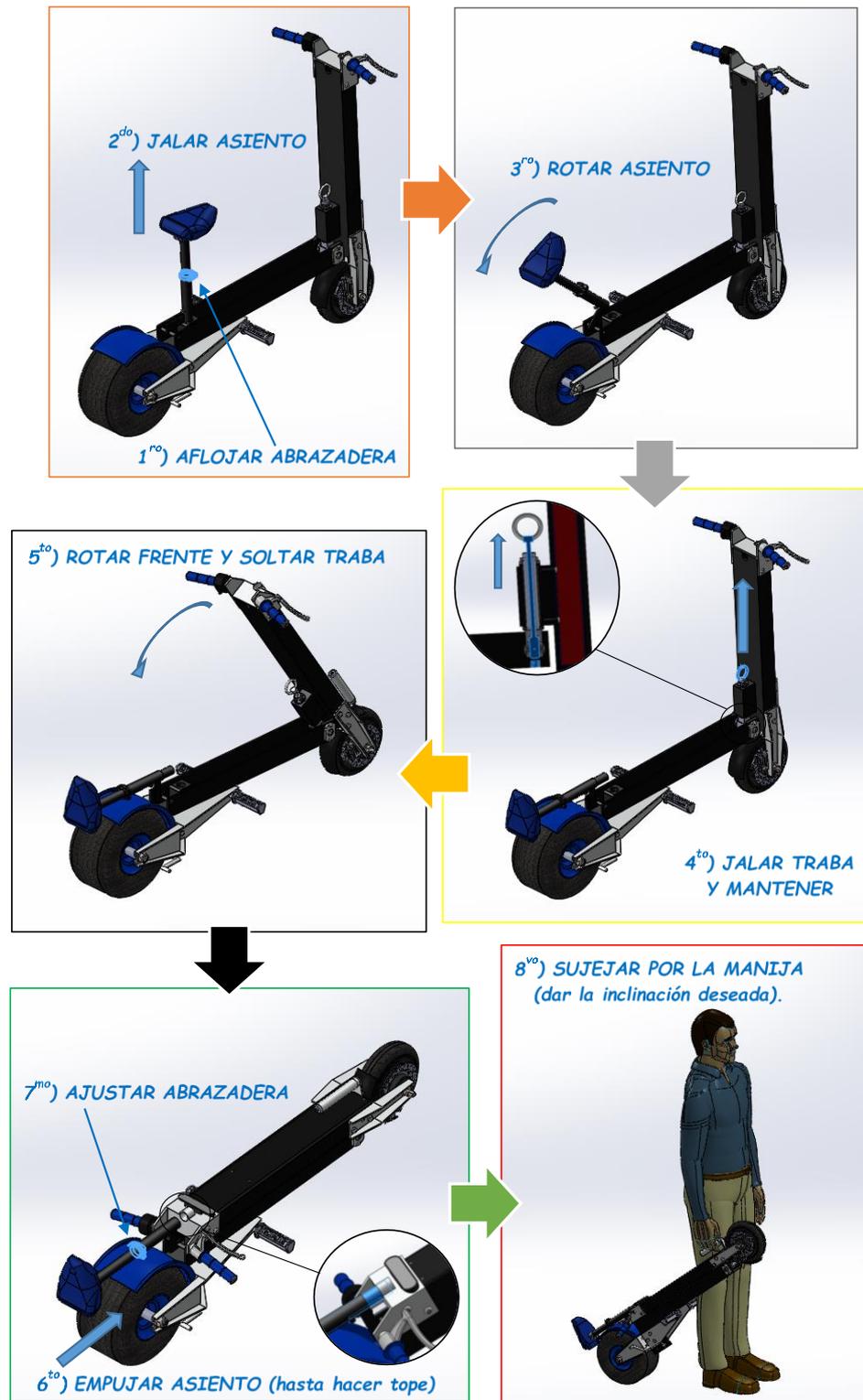


Imagen 7: Representación del VMP – Instructivo de plegado.

6.2-Cálculos de diseño

Este proyecto abarca el desarrollo y estudio de cada una de las partes del equipo. Para lograr una mejor comprensión del tema, simplificar el análisis y cálculo, se optó por desglosar al equipo en 6 subconjuntos, abordando de manera independiente cada uno de ellos:

- *Subconjunto Plaza.*
- *Subconjunto Base.*
- *Subconjunto Horquillon.*
- *Subconjunto Traba.*
- *Subconjunto Frente.*
- *Subconjunto Horquilla.*

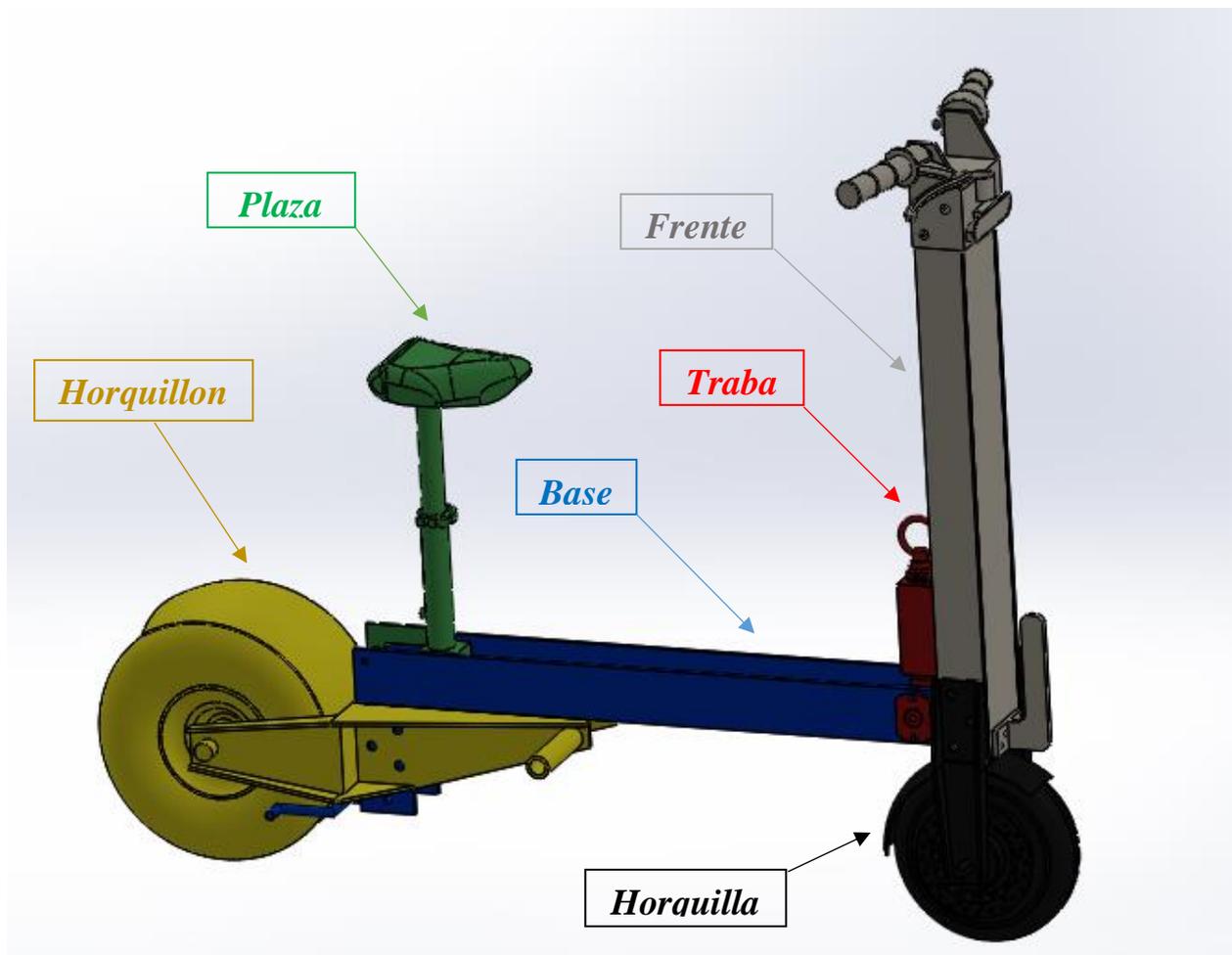


Imagen 8: Subdivisión de conjuntos.

Las piezas a dimensionar y verificar fueron aquellas consideradas como críticas para garantizar un funcionamiento óptimo y seguro del vehículo propuesto. Además, para el cálculo de las solicitaciones se consideraron las situaciones más extremistas, hasta incluso irreales en ciertos casos, por el hecho de tratarse de un vehículo de transporte y los riesgos que este conlleva, dando como resultados en su mayoría un coeficiente de seguridad conservador. Si bien se podrían escoger elementos de menor resistencia para abaratar costos, al tratarse de un equipo para el transporte

unipersonal donde los incidentes/accidentes se pueden tornar de gran importancia es muy sensato considerar el sobredimensionamiento de la estructura debido a las imprecisiones e hipótesis detrás de los cálculos de las sollicitaciones o por la inevitable discrepancia entre las estructuras reales y las esquematizadas para facilitar su cálculo, así como los posibles defectos en los materiales y sus procesos de fabricación. De esa manera se resguarda a los elementos proyectados de eventuales roturas y se asegura el bienestar del usuario.

Para algunos de los cálculos desarrollados se emplearon datos brindados por fabricantes nacionales/internacionales como ALUAR, EXTRUSORA ARGENTINA SRL y GABRIAN INTERNATIONAL. Los datos fueron los siguientes:

$$ALUMINIO 6061 T4 \Rightarrow \sigma_{fl} = 1478 \text{ kg/cm}^2$$

Considerando, bajo un criterio conservador, un coeficiente de seguridad mínimo $n = 2$ se obtiene:

$$\rightarrow \sigma_{adm} = 739 \text{ kg/cm}^2$$

En cuanto a la tensión de corte admisible, bajo recomendaciones prácticas profesionales, se optó por:

$$\rightarrow \tau_{adm} = 0,5 \cdot \sigma_{adm} = 369,5 \text{ kg/cm}^2$$

Cabe mencionar que, entre las propiedades mecánicas del aluminio y sus aleaciones, la medición de la resistencia a la compresión no es obvia por ser un material dúctil, además de que la deformación pura por compresión es una rareza. En consecuencia, por convención, la resistencia a la compresión del aluminio se considera prácticamente igual a la de tracción

Se procede a realizar el cálculo y verificación de las piezas más comprometidas del vehículo, como así también la selección de los componentes que integran al VMP.

6.2.1 Subconjunto Plaza

A partir de la primicia de una postura ergonómica adecuada se da inicio al diseño del VMP desde el subconjunto-plaza, considerando tras una exhaustiva investigación las distancias recomendadas que garanticen comodidad y confortabilidad en la conducción del equipo.

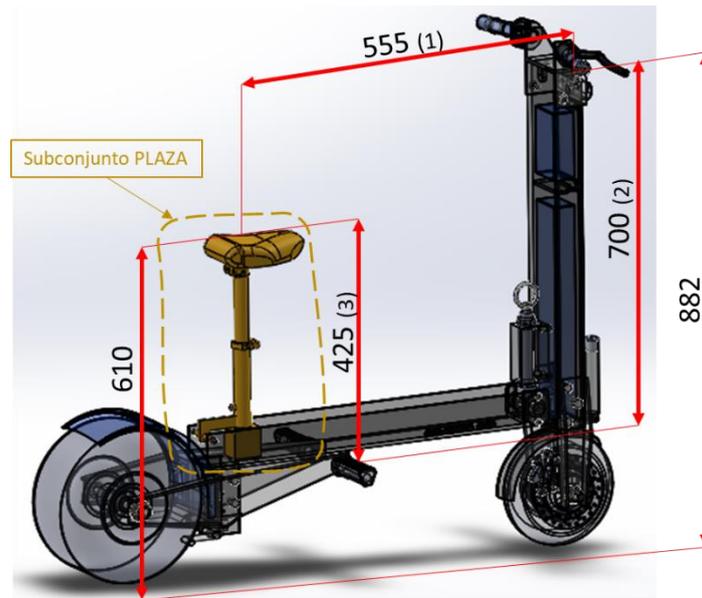


Imagen 9: Subconjunto PLAZA – Distancias óptimas para una postura ergonómica.

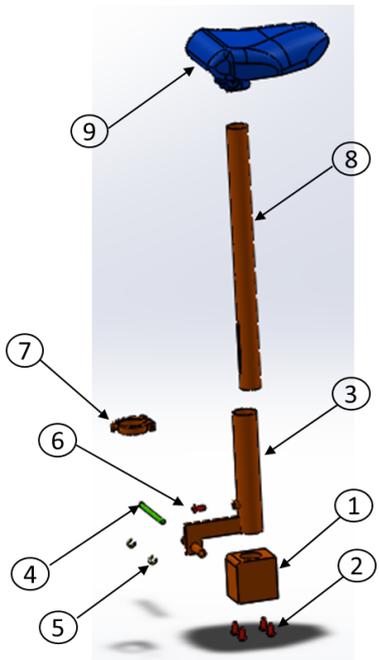
Según datos recolectados las distancias (1); (2) y (3) señaladas en la imagen anterior para garantizar una postura adecuada en la conducción deben tener un valor dentro de los siguientes rangos:

(1) *Asiento – Manillar* \Rightarrow 500 – 600 mm

(2) *Posapiés – Manillar* \Rightarrow 700 – 800 mm

(3) *Posapiés – Asiento* \Rightarrow 480 – 550 mm

De esta manera, vemos que los valores del diseño cumplen con las distancias óptimas posibles, a excepción de la distancia (3) *Posapiés – Asiento* que presenta un error irrelevante respecto al valor mínimo admisible, por lo que se puede avalar que no ocasionara inconvenientes en la postura final del usuario. Respecto a las distancias restantes medidas desde el suelo muestran un indicio de las dimensiones generales del vehículo y denotan su reducido tamaño, manipulación y comodidad al momento de inicio/detención de marcha.



COMPONENTES SUB-CONJUNTO PLAZA	
DENOMINACION	CANT.
1- Cuerpo	1
2- Tornillos	4
3- Bisagra	1
4- Pasador	1
5- Seguro seeger RS	2
6- Tornillo tope	1
7- Collar cierre rapido	1
8- Vela	1
9- Asiento	1

Imagen 10: Subconjunto PLAZA y sus componentes.

6.2.1.1 *Cuerpo*

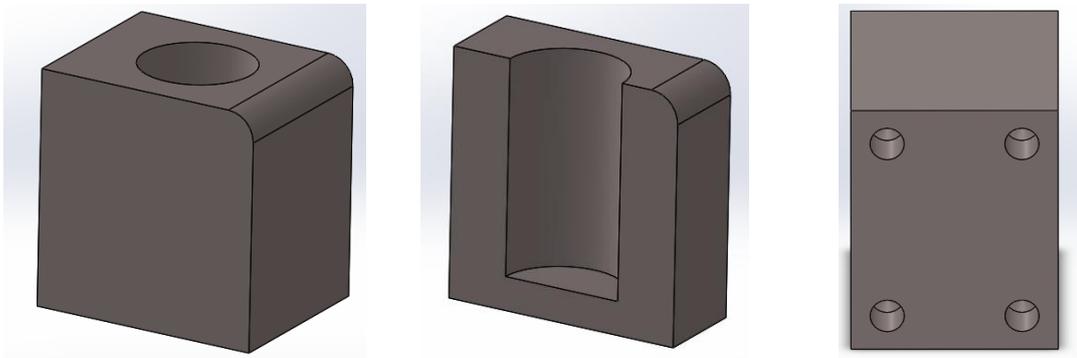


Imagen 11: Pieza denominada cuerpo.

El cuerpo es una pieza de forma cuadrada con la finalidad de actuar como soporte del asiento, donde se alojará el conductor, garantizando la estabilidad del mismo. Sobre él se inserta y descansa el caño vela que sostiene al asiento. Constructivamente se compone de un bloque macizo rectangular, de dimensiones generales $40 \times 50 \times 52 \text{ mm}$ – Ancho; Largo; Alto de material *Aluminio 6061 T4*, con la perforación adecuada en su cara superior para el alojamiento del caño vela (1). Esta pieza se vincula al subconjunto base a través de 4 *bulones M 6x1* (2), en donde la carga absorbida por estos es prácticamente despreciable, no siendo inconveniente para el óptimo funcionamiento de este conjunto y sus componentes.

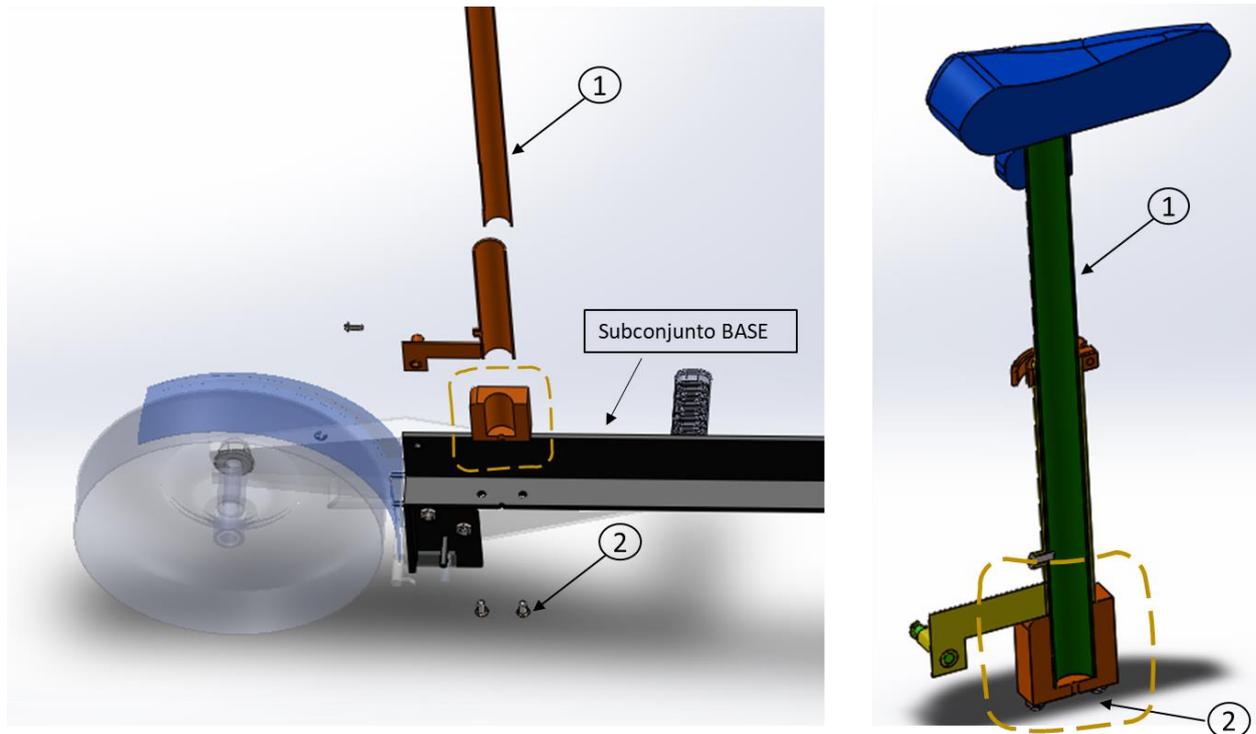


Imagen 12: Vinculo de la pieza cuerpo con el resto de los componentes.

En cuanto al conformado de la pieza, esta podría variar de acuerdo a la forma comercial en la que se encuentre la materia prima en el mercado. En caso de poder reutilizar la misma, esta se conformaría por moldeo y fundición. Ante la imposibilidad del método anterior, se utilizará una barra de sección circular o un lingote prismático y se otorgaran las dimensiones adecuadas haciendo un uso eficiente del recurso.

6.2.1.2 Bisagra



Imagen 13: Pieza bisagra y sus componentes.

Pieza de dimensiones generales $60 \times 82 \times 168 \text{ mm}$ – Ancho; Largo; Alto conformada por la unión soldada de un caño primario de $D_{int} = 1''$ – Long. 150 mm (A) y una planchuela en L (B) en la parte inferior, a la cual se adosa un caño (C) de menor diámetro a ambos lados de esta. Es fabricada en su totalidad por material *Aluminio 6061 T4*.

Estos caños de $D_{int} = 6 \text{ mm}$ permiten el movimiento pivotante del asiento respecto al subconjunto base. La bisagra NO presenta vinculación alguna con el *cuerpo* descrito en el apartado anterior, solo la vinculación pivotante al subconjunto base.

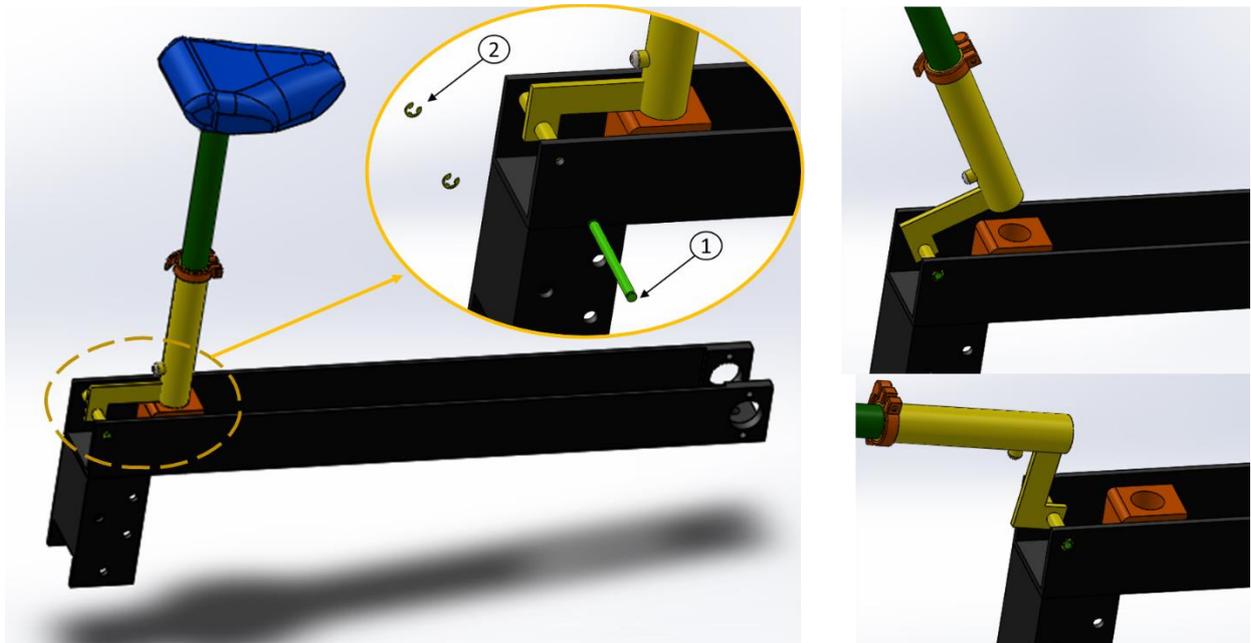


Imagen 14: Vinculo de la pieza bisagra con el resto de los componentes.

Dicha vinculación mecánica se realiza por medio de un **pasador** (1) que se introduce a través de un orificio común a las piezas vinculadas, las cuales se mantienen en posición, impidiendo el movimiento relativo entre ellas con un **seguro seeger RS** (2) en ambos extremos.

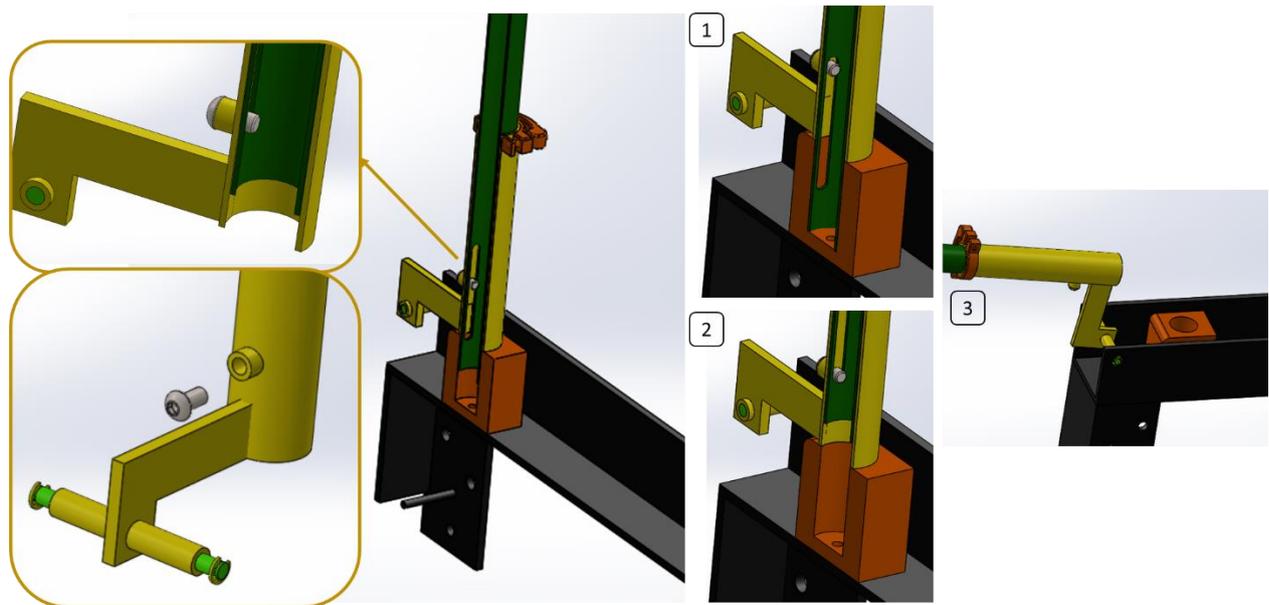


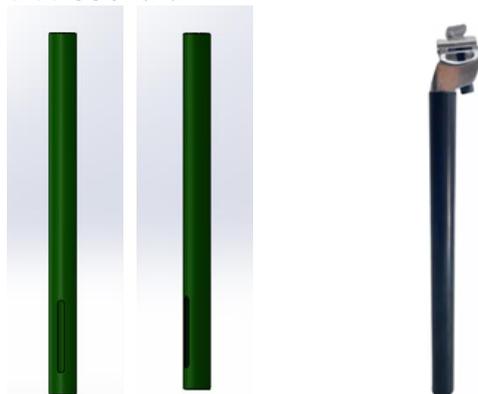
Imagen 15: Bisagra – Tornillo guía/tope.

Respecto al orificio roscado de 6mm que se ubica en el caño primario (A) de la *Bisagra*, en él se aloja un bulón que actúa como guía y tope del caño vela que desliza por el interior del caño primario de $D_{int} = 1''$, evitando el desacople total del asiento. En *posición 1 – Asiento acoplado* el caño vela hace tope con el cuerpo, posición óptima para la conducción. En la *posición 2 – Asiento desacoplado*, el caño vela se desliza hacia arriba desvinculándose por completo del cuerpo, y es posible realizar el plegado del subconjunto plaza pivotando la bisagra respecto al subconjunto base - *posición 3*.

Vale aclarar que debido a las despreciables cargas actuantes sobre este elemento no es necesario realizar ningún análisis o verificación de esfuerzos.

6.2.1.3 Vela

El caño vela es un insumo estándar adquirido en el mercado, de material aluminio, diámetro externo de $1''$ con una longitud de 350mm .



Representación SolidWorks

Vela comercial

Para nuestro caso particular, luego se ejecuta una operación de mecanizado, para lograr una corredera (1) en su parte inferior que actúa como guía, evitando el desacople total del asiento al momento de plegar el mismo.

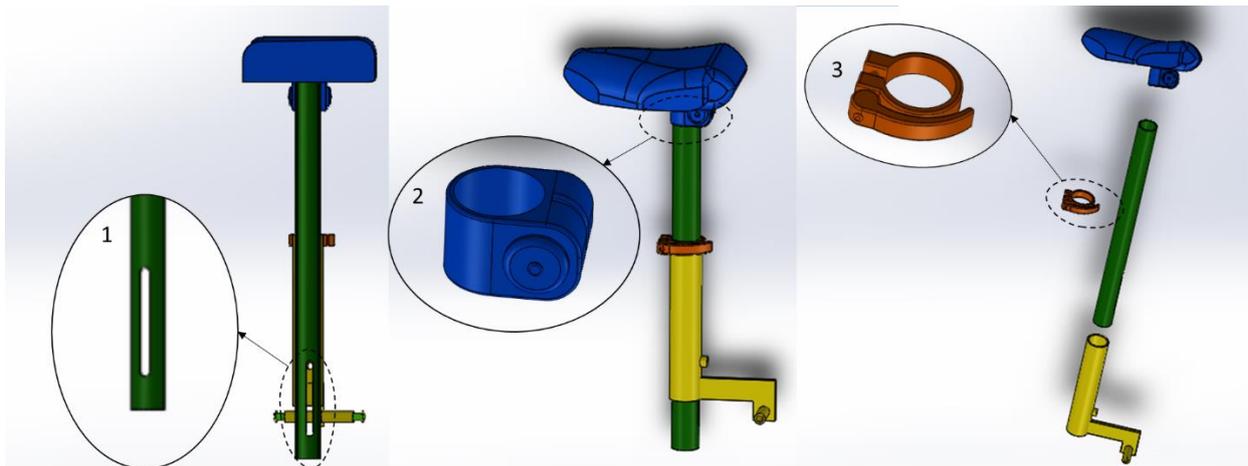


Imagen 16: Vinculo de la pieza vela con el resto de los componentes.

Por el extremo superior, el caño vela sostiene al asiento, el cual se adosa por medio de una grampa (2) que viene incluida con el producto. El asiento es otro producto estándar que se adquiere de forma sencilla con múltiples variantes y parámetros a elección, como ser la forma, tamaño, color, material, estilo, quedando a gusto del consumidor.

Por último, la referencia (3) señala la existencia de un collar de cierre rápido, componente estándar, ubicado en la parte superior del caño primario, cuyo objetivo es zunchar el caño vela a la bisagra, evitando el movimiento relativo entre ambos componentes.

Debido a las dimensiones del caño vela, y componentes mencionados, considerando las cargas/esfuerzos actuantes, no es relevante realizar un estudio de los mismos, garantizando su funcionalidad sin inconvenientes.

6.2.2 Subconjunto Base

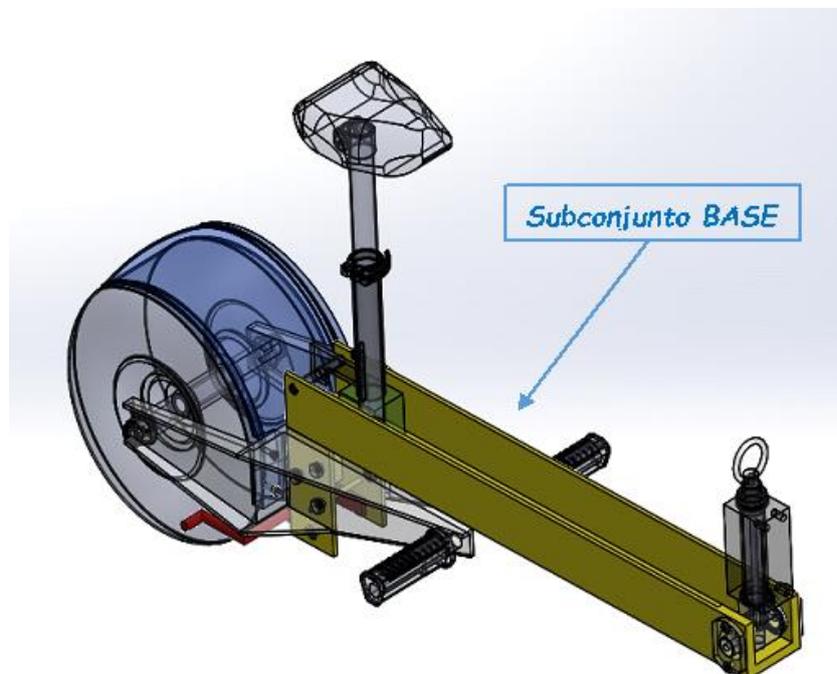


Imagen 17: Subconjunto BASE.

El subconjunto base se denominó como tal debido a la gran cantidad de subconjuntos que se hermanan con él: *subconjunto plaza* – *subconjunto horquilla* – *subconjunto frente*, convirtiéndolo en una parte vital del VMP. Este conjunto de construcción y piezas relativamente sencillas se considera de gran importancia hacia el usuario, ya que, por sus condiciones, debe brindar una sensación de seguridad y performance.

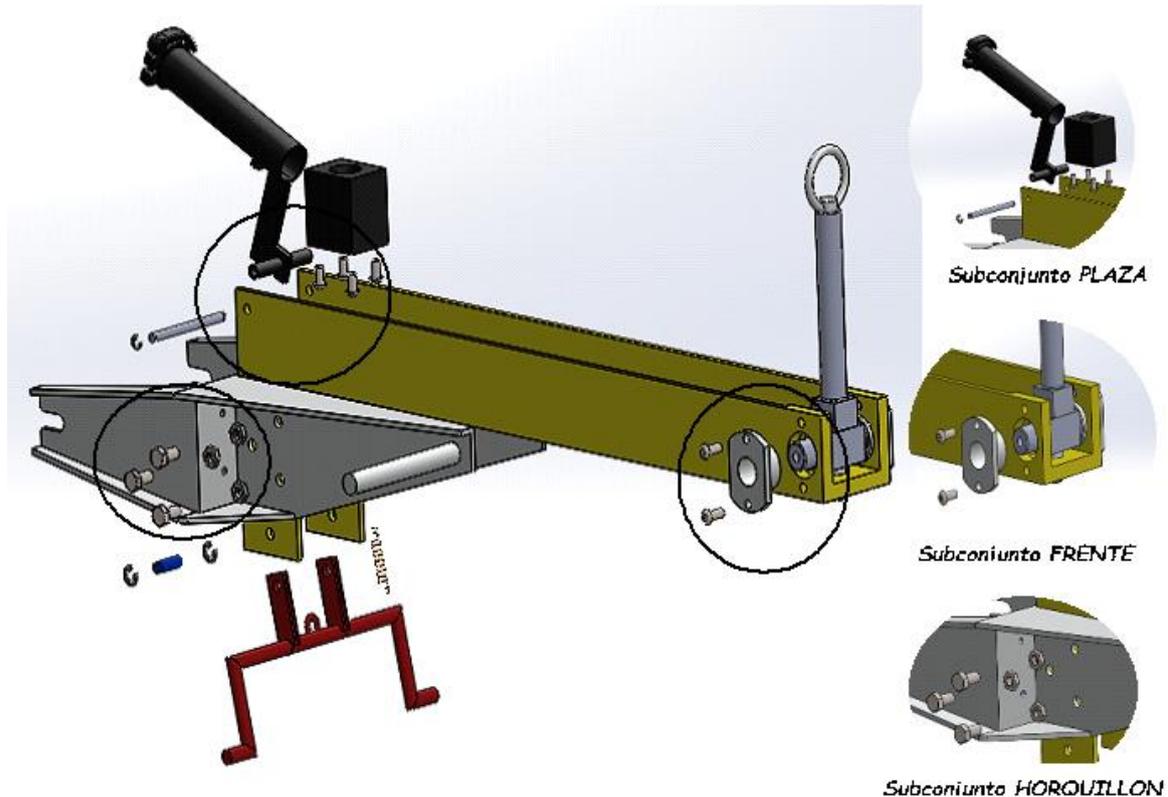


Imagen 18: Vinculación entre los distintos subconjuntos.

La sujeción de los subconjuntos adyacentes al subconjunto base se esquematiza en la anterior imagen con el fin de clarificar en que consiste su construcción, pero el detalle y análisis se tratará particularmente en cada subconjunto.

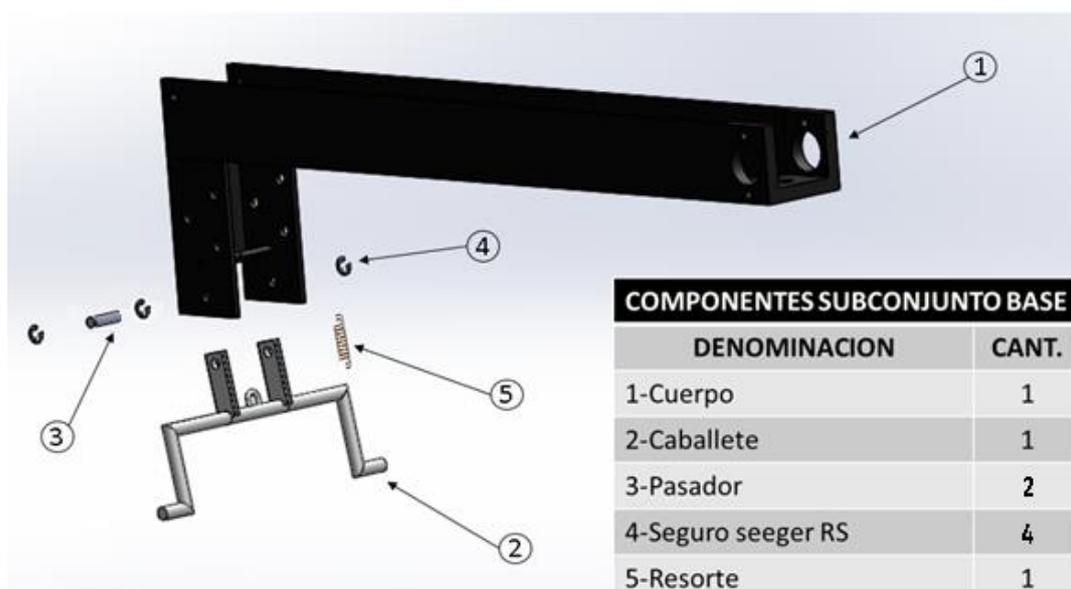


Imagen 19: Componentes del subconjunto BASE.

6.2.2.1 Cuerpo

Esta pieza básicamente parte de un perfil comercial de material *Aluminio 6061 T4* cuyas dimensiones son: $60 \times 74 \times 650 \times 6 \text{ mm}$ – *Alto; Ancho; Largo, Espesor*, que se encuentra reforzada mediante el engrosamiento de su espesor hasta alcanzar un valor de, *espesor 15mm* soldadas en la zona demarcada por la *referencia A*. Es la pieza que nuclea al resto de los subconjuntos y tiene el objetivo de brindar sustentabilidad, seguridad y robustez al vehículo.

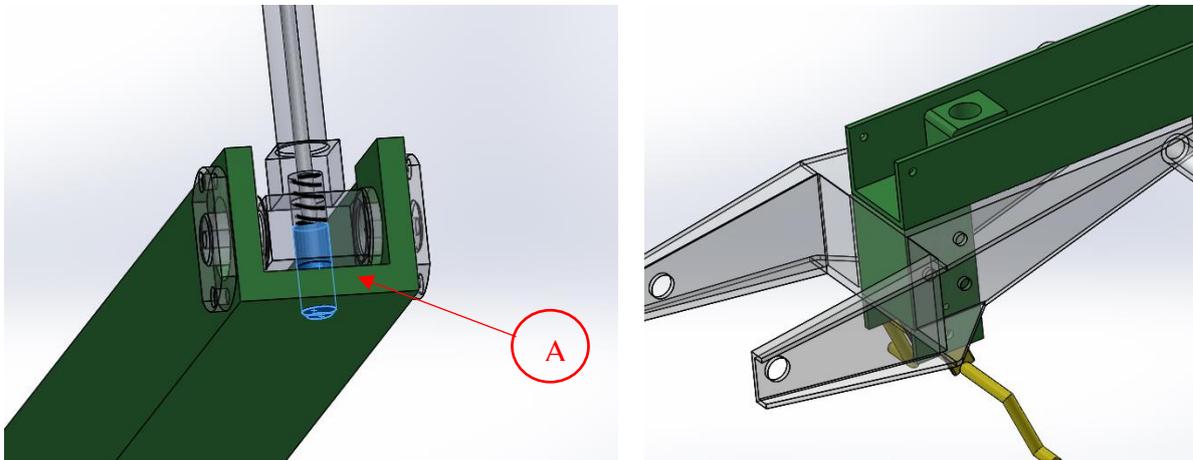
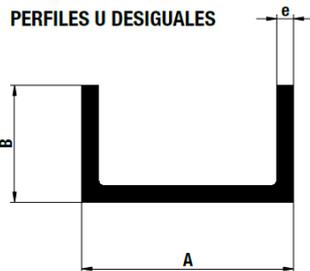


Imagen 20: Pieza denominada cuerpo y sus particularidades.

Cabe aclarar, que los perfiles estructurales empleados presentan radios de acuerdo en sus “esquinas” propias de su fabricación; a continuación, se exhibe a modo de ejemplo un perfil estructural tipo U en donde se denotan levemente sus radios de acuerdo y una ilustración del catálogo del fabricante ALUAR en donde se puede denotar el mismo detalle. En la zona donde se refuerza la sección del perfil (*referencia A*) se respetan los radios de acuerdo propios del perfil estructural, con el fin de evitar concentradores de tensión (en la *Imagen 20* se halla simplificada su representación).



Perfiles estructurales / listado de perfiles

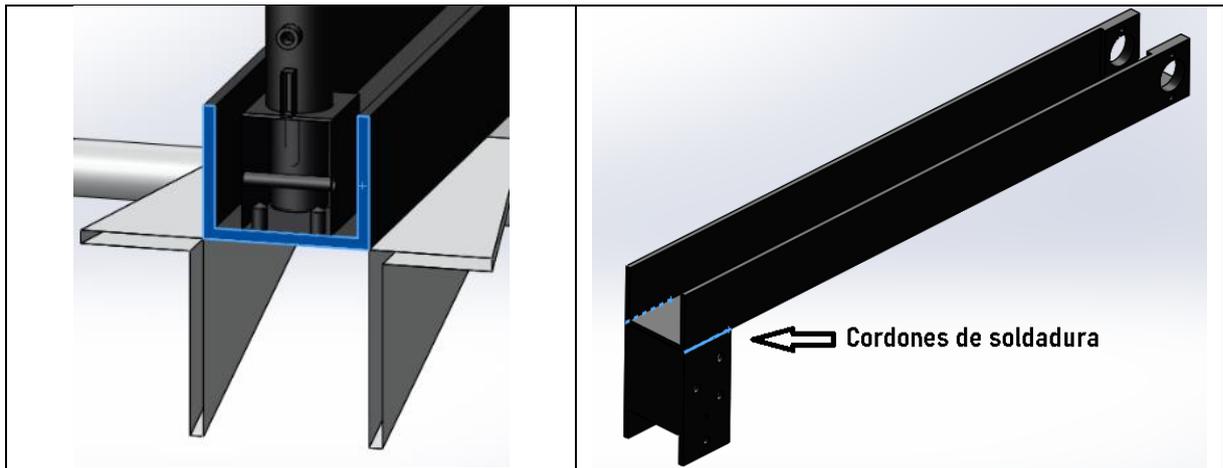


Perfil	A	B	e
MPN-146	13.30	26.00	1.30
PPN-2382	15.00	20.00	2.00



A continuación, se realizaron diversas verificaciones a distintos estados operacionales considerados críticos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Sección crítica a corte y momento flector. $A = 9,2 \text{ cm}^2$ $I = 33,85 \text{ cm}^4$ $r = 4 \text{ cm}$	Soldadura crítica a solicitud de corte $l = 6 \text{ cm (por cordón)}$ $t = 0,5 \text{ cm}$
--	---



Análisis 1: Verificación del elemento a *flexión*, considerando el peso propio del vehículo de 40 kgf más la carga de un pasajero de 95 kgf aplicados totalmente sobre la ubicación del asiento, es decir que la fuerza total tendrá un valor de 135 kgf. La tensión normal debida al momento flector en ambas piezas valdrá:

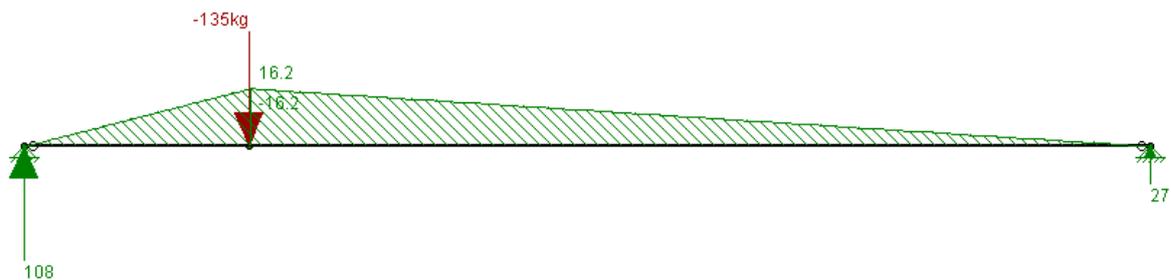


Imagen 21: Esfuerzos de momento flector generados – Risa 2D.

Tensión normal generada en el perfil (sección constante):

$$\sigma_{Mf} = \frac{M_f}{W} = \frac{M_f}{I/r} = \frac{1620 \text{ kg.cm}}{33,8\text{cm}^4/4\text{cm}} = 191,7 \text{ kg/cm}^2$$

Análisis 2: Se procedió a verificar el cuerpo a *corte*, considerando la fuerza expuesta en el *Análisis 1*.

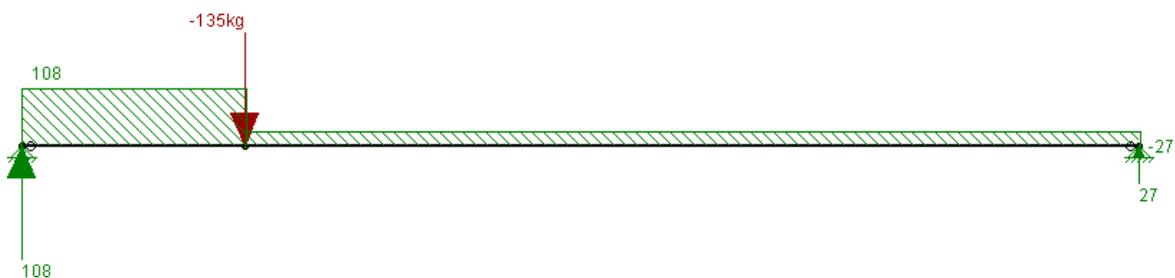


Imagen 22: Esfuerzos de corte generados – Risa 2D.

Tensión tangencial generada en el perfil (sección constante):

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{108kgf}{9,2cm^2} = 11,7 kg/cm^2$$

Análisis 3: Se procedió a verificar la soldadura a la sollicitud de *corte*, considerando la fuerza que se genera en el vehículo al desacelerar de forma instantánea desde la velocidad máxima a la velocidad nula, obteniéndose así el esfuerzo de corte más crítico en el área resistente de trabajo.

Empleando la fórmula del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado:

$$v_f = v_0 + a \cdot t$$

Suponiendo velocidad inicial como la máxima ($v_0 = 25 km/h$), la velocidad final como nula ($v_f = 0$) y considerando tiempo de frenado de 1 segundo, se obtiene la siguiente desaceleración:

$$a = -\frac{v_0}{t} = -\frac{6,94m/s}{1s} = -6,94 m/s^2$$

Considerando la masa propia del vehículo de 40 kg más la carga de un pasajero de 95 kg, la masa total valdrá 135kg obteniéndose una fuerza resultante de:

$$F = m \cdot a = 135kg \cdot 6,94m/s^2 = 936,9 N = 95,5 kgf$$

Vale mencionar que, como primera consideración, en la soldadura a tope la garganta se considera de igual longitud que el espesor de la chapa más delgada de la unión, es decir, $g = t$. Sin embargo, con el objetivo de prevenir la posibilidad de rotura en la sección peligrosa en las soldaduras, se afecta al área resistente de la soldadura por el coeficiente $S = 0,7$; además se deben tener en cuenta los defectos en la costura de soldadura, tanto en el inicio como en el final de la misma, considerando a su longitud real reducida en 2 veces el espesor de la chapa más delgada de la unión.

Las soldaduras realizadas son del tipo *soldadura en unión a tope con costura abultada o sin preparación*, en este caso las soldaduras se calculan por sollicitación a corte.

Determinación de área resistente

$$A = g * (2l - 4t) * S = 0,5cm * (2 * 6 - 4 * 0,5) * 0,7cm = 3,5 cm^2$$

Verificación de la resistencia de la soldadura

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{95,5 kgf}{3,5 cm^2} = 27,3 kg/cm^2 < \tau_{adm} = 369,5 kg/cm^2$$

Se deduce que la soldadura realizada, bajo las condiciones de trabajo a la cual se encuentra expuesta verifica, la carga admisible resulto ser de ningún conveniente.

Si bien esta pieza esta sobre dimensionada, se considera sensato no debilitar su estructura, no solo que se trata de un perfil comercial y las variantes son escuetas, sino que al ser una pieza principal del vehículo el hecho de aparentar robustez se considera como un impacto positivo generando seguridad hacia el usuario.

6.2.2.2 Caballete

El caballete trata de una herramienta que se emplea para elevar, en este caso, la rueda trasera del vehículo, es decir, separarla del suelo y permitir que gire o bien permitir que descansa durante un periodo de tiempo concreto sin necesidad de apoyarlo sobre otro objeto. En vehículos de esta índole lo convencional es colocar una pequeña pata lateral, pero tras indagar, se llegó a la

conclusión que resulta incómodo y poco eficaz, ya que genera inestabilidad al momento de sustentarse por sí solo sin un apoyo adicional.

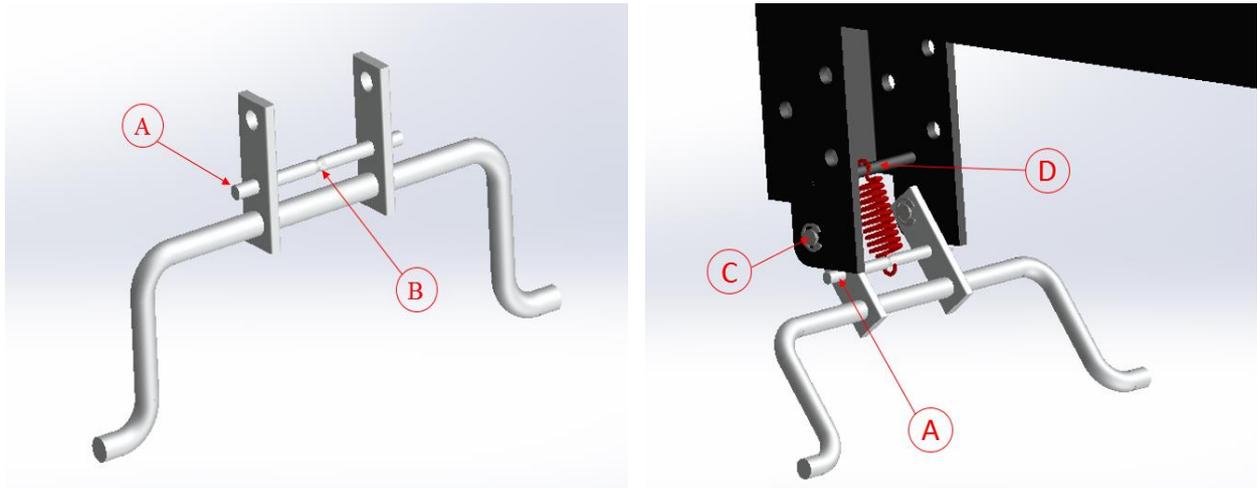


Imagen 23: Pieza denominada caballete y sus componentes.

La pieza se compone a principalmente partir de una varilla de *diametro 10mm y material Aluminio 6061 T4* a la cual se le aplican múltiples dobleces (rolado) para darle la forma final. También, se le adicionan unos soportes con planchuelas soldadas y un eje central que es transversal a estas últimas. Por los soportes se introducen dos pasadores (3) que en sus extremos esta aprisionado por un seguro seeger (4) cuyo objetivo es mantener en posición al caballete y a su vez, permitir que pivotee (*referencia C*). En cuanto al eje (*referencia B*), se emplea para vincular por uno de sus extremos a un resorte (5) de *dimensiones ϕ_{EXT} : 13mm ; ϕ_{SECC} : 2mm ; largo: 38mm ; 5 vueltas:*

11 (cod. fabricante F157/A218) y material acero al carbono ASTM A227 que permite optar por la posición de caballete abajo y caballete arriba; el extremo restante del resorte se vincula a un soporte realizado en varilla de *diametro 6mm* que se suelda a la pieza base (*referencia D*), dicho soporte posee una leve ranura en su ubicación central para aprisionar la ubicación del resorte; cabe mencionar que el eje comparte las mismas características constructivas. Mediante los topes que posee el caballete (*referencia A*), los cuales son una extensión de la pieza eje, se da la posición de caballete abajo para permitir el reposo del vehículo de manera independiente; en cuanto a la posición de caballete arriba, el tope se da por medio de la pieza horquilla y la propia estructura del caballete.

6.2.3 -Subconjunto Horquilla

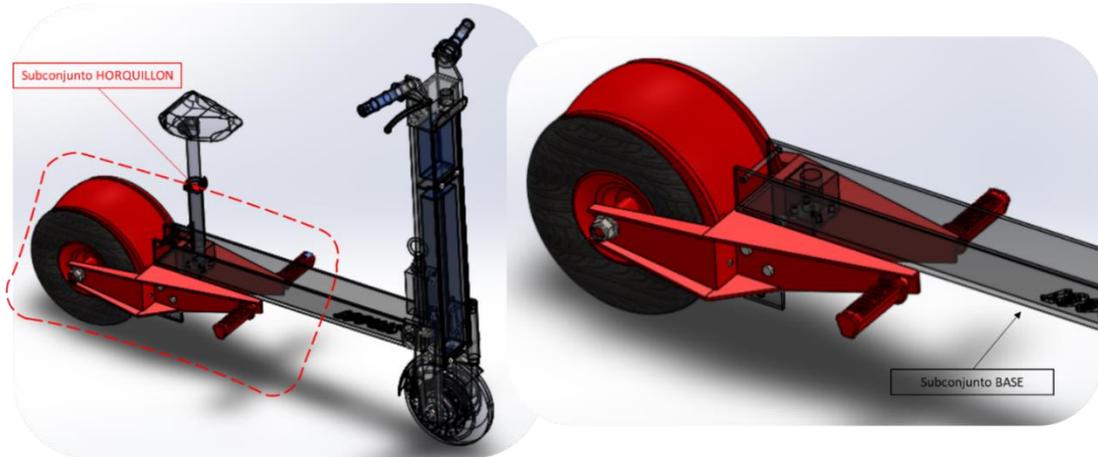


Imagen 24: Subconjunto HORQUILLON ubicación.

Continuando con el desarrollo, el subconjunto denominado *Horquilla*, haciendo referencia a su principal componente, el basculante u horquilla propiamente dicho, forman parte del tren trasero y componen la parte ciclo del VMP. En concreto, se encarga de unir el chasis (subconjunto base) con el eje de la rueda trasera, y de su buen diseño depende mucho el comportamiento del vehículo. Además, por lo general se vinculan a él elementos extra, como ser: guardabarros, neumático trasero, posapiés, luces, entre otras, que componen el subconjunto en cuestión.

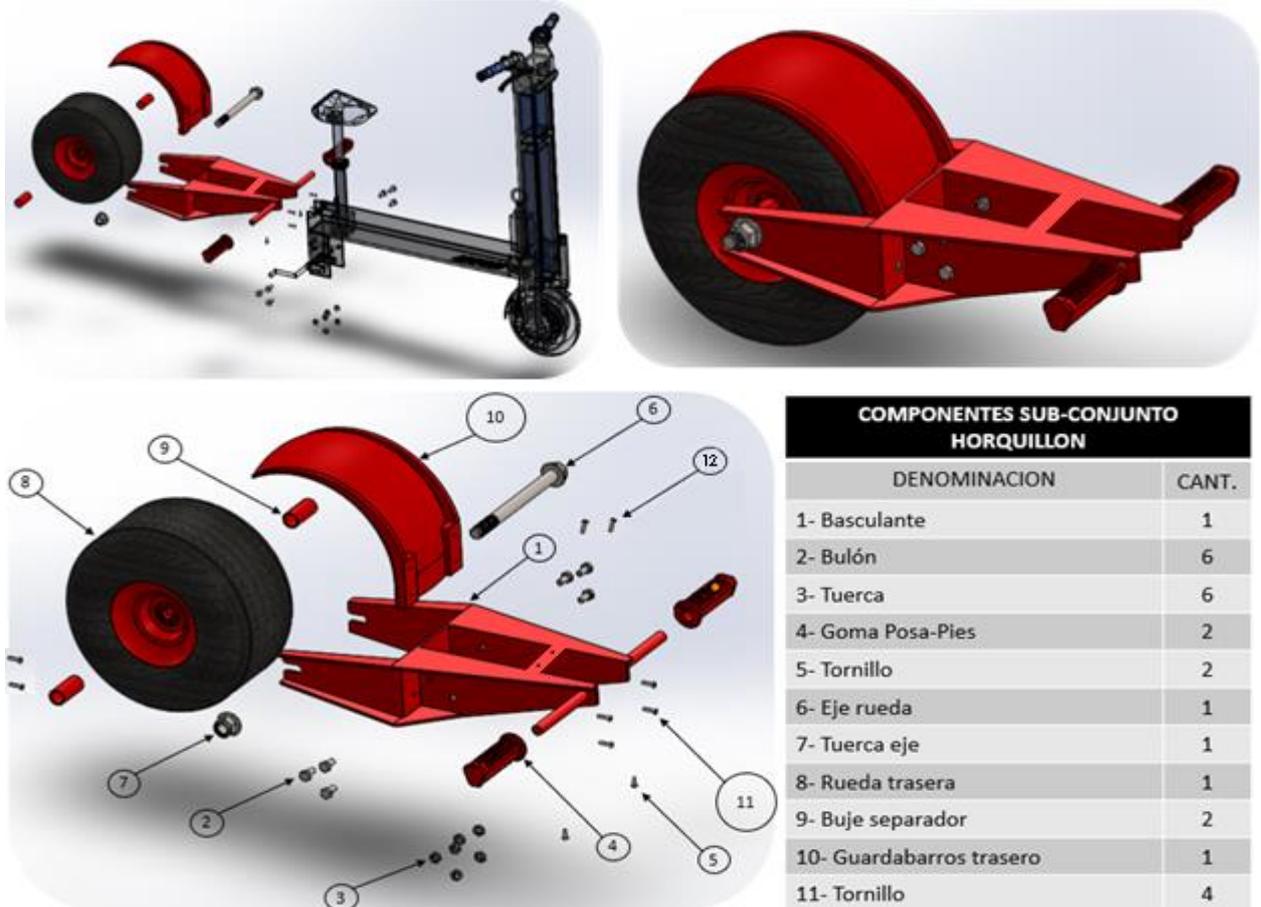


Imagen 25: Subconjunto HORQUILLON y sus componentes.

6.2.3.1 Basculante

A modo explicativo, el basculante es el componente principal de la parte ciclo trasera, y sus formas y dimensiones condicionan en gran medida el comportamiento del vehículo en cuestión. El basculante de dos brazos es el diseño más frecuente, una estructura compuesta por varias piezas vinculadas mediante soldadura entre si formando dos brazos, uno a cada lado de la rueda trasera, de forma diversas como ser de sección circular u ovalada, rectangular (mayor rigidez) entre otras. En sus extremos, los brazos, conforman los alojamientos para soportar el eje de la rueda trasera y los tensores para el tipo de transmisión que conlleve el vehículo, en caso de ser necesario. Respecto al diseño, lo habitual es hacer uso de la simetría, sin embargo, en algunos casos el diseño de los brazos no guarda simetría otorgando espacio para elementos extra.

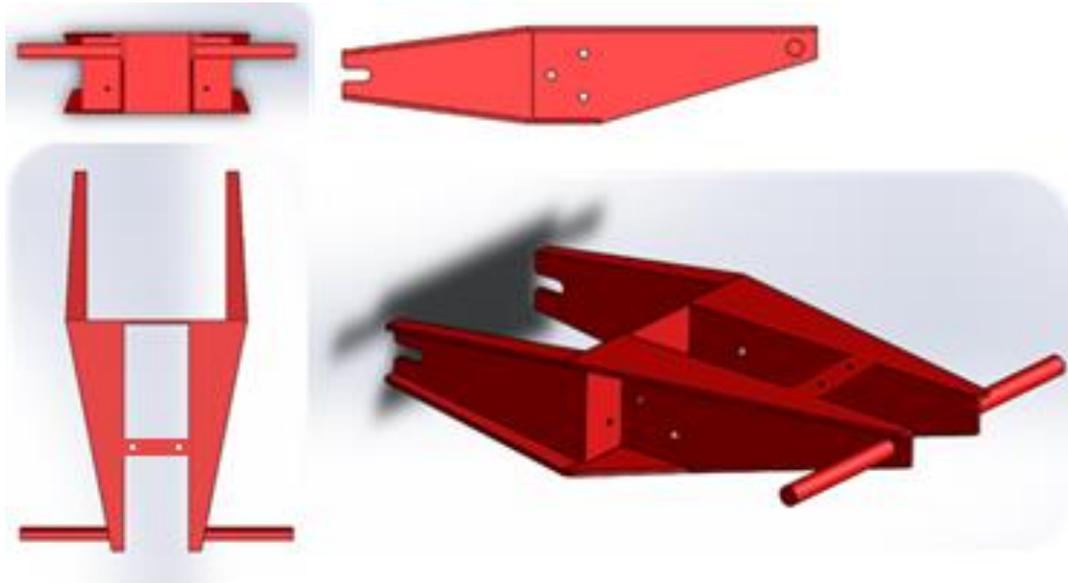


Imagen 26: Subconjunto HORQUILLON – Geometría y vistas.

Respecto a nuestro diseño, el basculante resulta una estructura simétrica, conformada a partir de pliegues de chapa unidos mediante soldadura generando dos brazos de secciones y dimensiones variadas que permiten desempeñar su cometido ante los esfuerzos actuantes. El material de la chapa es *Aluminio 6061 T4* y su espesor inicial es de 6mm, las dimensiones generales del elemento son $90 \times 200 \times 430 \text{ mm}$ – *Alto; Ancho; Largo*. Esta pieza se vincula al subconjunto base (1) a través de 6 *bulones M 6x1* (2) con sus respectivas tuercas (3), más el complemento de 2 *bulones M 4x1* (5) montados por la parte superior cuya rosca se encuentra en los orificios de la planchuela $20 \times 5 \text{ mm}$ que une los laterales del basculante. A su vez, esta pieza es sostén de la rueda trasera (4) que se sustenta a través de su eje, como así también de otras piezas que se detallaran páginas más adelante.

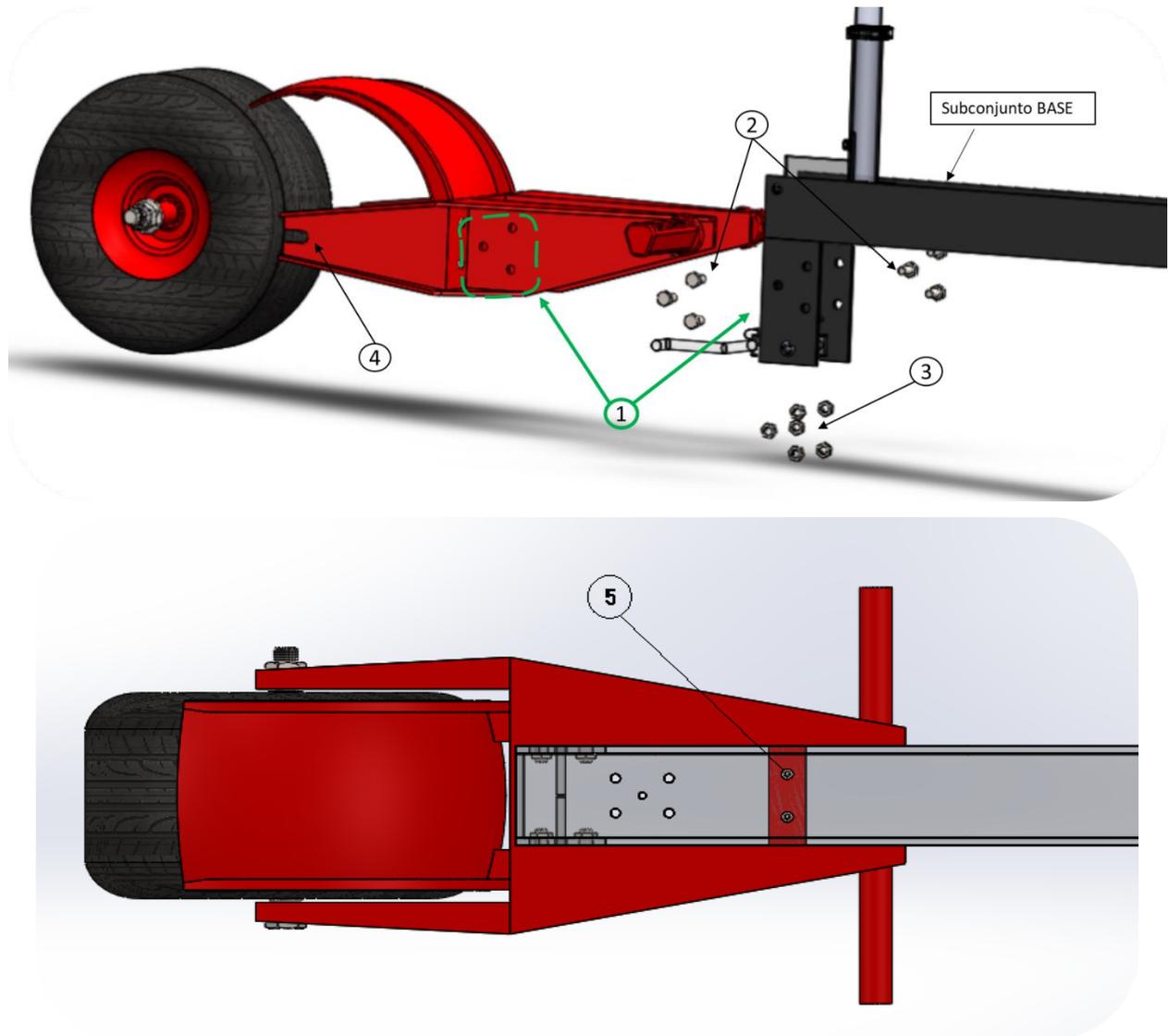


Imagen 27: Vinculo de la pieza basculante con el resto de los componentes.

Nota: En la imagen anterior (*Imagen 27*) el subconjunto *Horquilla es montado por la parte inferior*, quedando la planchuela que une los laterales del basculante y se utiliza como vinculación al subconjunto Base por debajo de este. Al encontrarse el subconjunto base en modo transparencia se puede dar lugar a una interpretación *errónea* de que el refuerzo queda por encima del subconjunto base.

Esta pieza es considerada una de las más críticas del VMP ya que sobre ella actúan las principales cargas, entre ella se puede hacer mención al peso del usuario, al peso propio del vehículo, golpes debido a irregularidades en los caminos y fuerzas dinámicas debido a frenados violentos.

A continuación, se procede a realizar un análisis estático del elemento considerando el caso más crítico, que consiste en el momento en el que el usuario circula en el VMP y acontece la situación de reducción de la velocidad máxima a velocidad nula en un lapso corto de tiempo (situación de frenado violento), cargas que actúan como se muestra en la siguiente imagen, junto con las propiedades de las diferentes secciones involucradas extraídas del software.

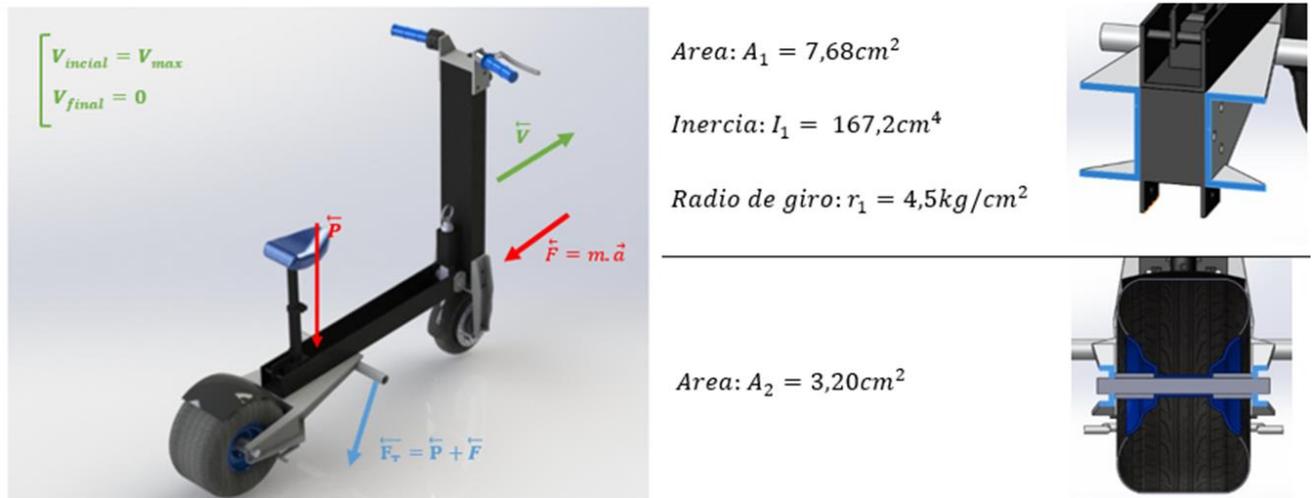


Imagen 28: Estado de carga considerado y propiedades secciones críticas – Análisis estático Basculante.

Mencionado lo anterior se presentan los resultados obtenidos tras realizar diversas verificaciones a distintos estados operacionales considerados como críticos.

Análisis 1: Verificación del elemento a *flexión*, considerando el peso propio del vehículo de $p = 40 \text{ kgf}$ más la carga de un pasajero de $P = 95 \text{ kgf}$ aplicados totalmente sobre la ubicación del asiento, es decir que la fuerza total tendrá un valor de $F = 135 \text{ kgf}$. La tensión normal debida al momento flector valdrá:

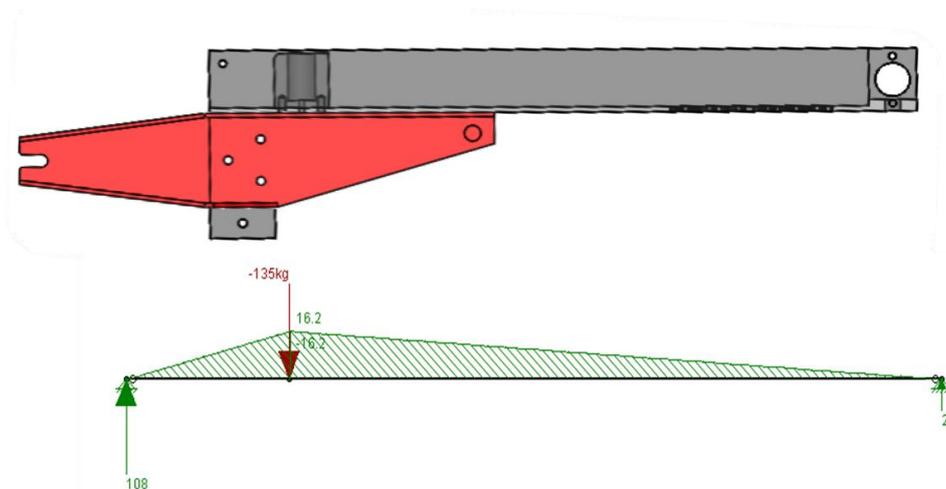


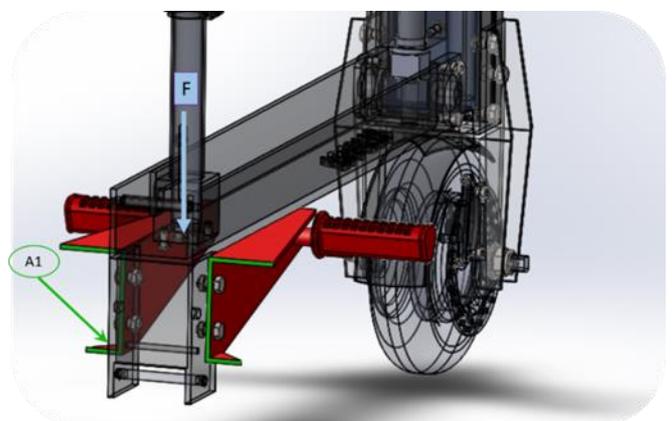
Imagen 29: Esfuerzos de momento flector generados – Risa 2D.

⇒ Tensión normal σ_{Mf1} generada en el perfil en la sección de mayor sollicitación (A_1):

$$\sigma_{Mf1} = \frac{M_f}{W_1} = \frac{M_f}{I_1/r_1} = \frac{1620 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{167,2 \text{ cm}^4/4,5 \text{ cm}}$$

$$\sigma_{Mf1} = 43,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Mf1} < \sigma_{adm} = 739 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$



Análisis 2: Se procedió a verificar los elementos a *corte*, considerando la fuerza $F = 135 \text{ kgf}$ expuesta en el *Análisis 1*.

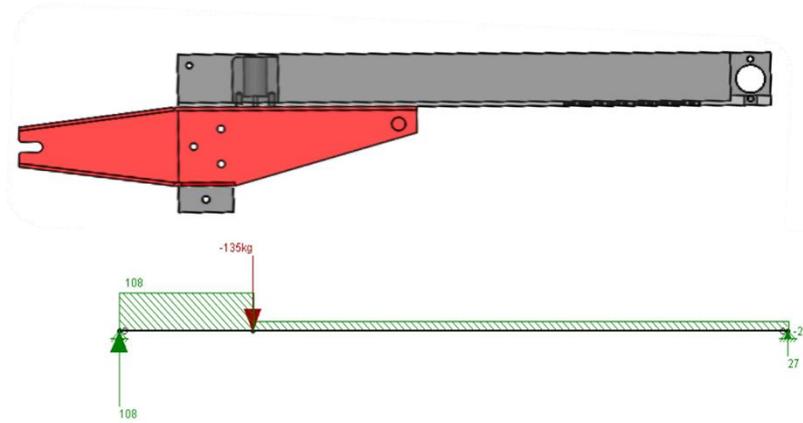
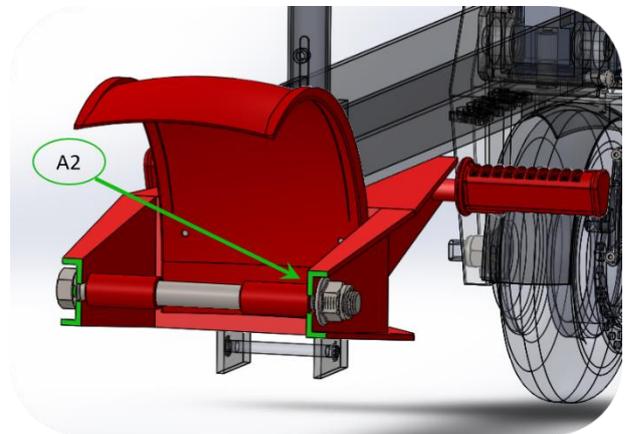


Imagen 30: Esfuerzos de corte generados – Risa 2D.

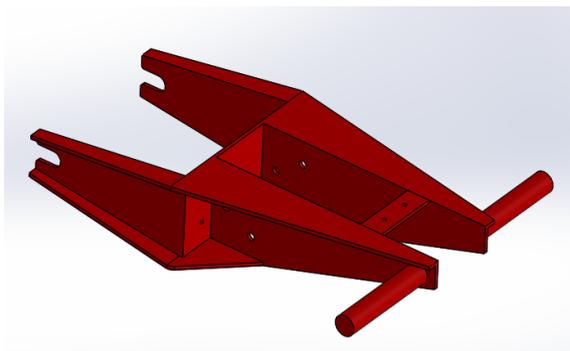
⇒ Tensión tangencial generada en la sección más crítica del perfil, siendo esta el área de menor valor en la reducción de sección (A_2):

$$\tau_2 = \frac{f}{A_2} = \frac{108 \text{ kgf}}{3,2 \text{ cm}^2} = 33,75 \text{ kg/cm}^2$$

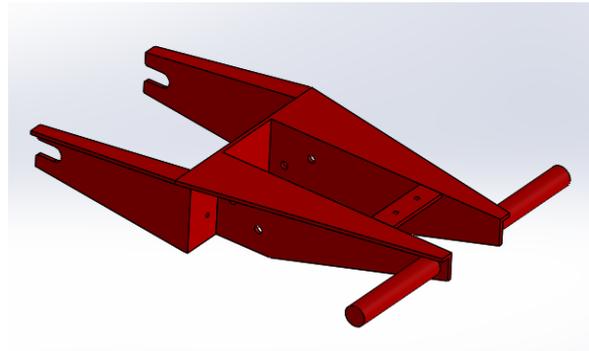
$$\tau_2 < \tau_{adm} = 369,5 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$



Haciendo un análisis de los valores de tensiones obtenidos, siendo estos de muy bajo valor (piezas sobredimensionadas), se propone hacer una reducción de espesores de las piezas dimensionadas con el fin de disminuir costos, peso y facilitar la fabricación de piezas. De esta manera, se expone en forma resumida los cálculos antes desarrollados para las nuevas piezas con geometría un tanto más sencilla y reducción en sus espesores.



Diseño analizado ⇒ espesor 6 mm



Nuevo diseño propuesto ⇒ espesor 4 mm

Análisis 1

Nuevas propiedades: $A'_1 = 4,4 \text{ cm}^2$; $I'_{x1} = 36,6 \text{ cm}^4$; $r'_1 = 5,3 \text{ cm}$

$$\sigma_{Mf1}' = \frac{M_f}{W_1'} = \frac{M_f}{I_1'/r_1'} = \frac{1620 \text{ kg.cm}}{36,6 \text{ cm}^4/5,3 \text{ cm}} = 234,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Mf1}' < \sigma_{adm} = 739 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Análisis 2

Nuevas propiedades: $A_2' = 1,66 \text{ cm}^2$

$$\tau_2' = \frac{f}{A_2'} = \frac{108 \text{ kgf}}{1,66 \text{ cm}^2} = 65,06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_2' < \tau_{adm} = 369,5 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

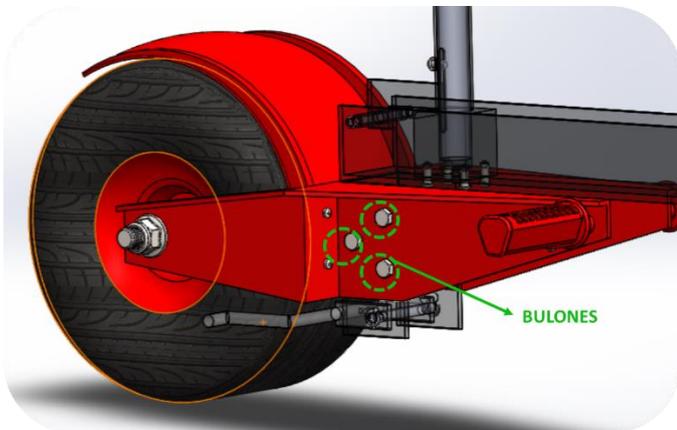
A partir de aquí, ante la verificación de su resistencia, queda definido por defecto el nuevo diseño propuesto del basculante con sus respectivas propiedades asociadas, a utilizar en los cálculos que prosiguen.

Análisis 3: El siguiente análisis se basa en el esfuerzo de *corte* generado en la bulonería que vincula el basculante y el cuerpo del Subconjunto Base del vehículo. La carga de trabajo se considera como una fuerza compuesta por:

$$p = 40 \text{ kgf} \rightarrow \text{peso propio VMP} \quad \Rightarrow F = p + P = 135 \text{ kgf}$$

$$P = 95 \text{ kgf} \rightarrow \text{peso conductor}$$

$$F_v = 95,5 \text{ kgf} \rightarrow \text{frenado violento}$$



DATOS DE BULONES

Tipo:	M6
Material:	AISI C1010 $\rightarrow \sigma_{fl_{Bulon}} = 2400 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow \tau_{adm_{Bulon}} = 1200 \text{ kg/cm}^2$
Cantidad:	$C = 6 \text{ Bulones}$
Área bulón:	$A = 0,28 \text{ cm}^2$

DATOS DE PIEZA

Tipo:	Perfil compuesto
Material:	Aluminio 6061
Espesor:	$e = 4 \text{ mm}$

Carga de trabajo:

$$F_T = \sqrt{F_v^2 + F^2} = \sqrt{(95,5 \text{ kgf})^2 + (135 \text{ kgf})^2} = 165,36 \text{ kgf}$$

Verificación al corte:

$$\tau = \frac{F_T}{C * A} = \frac{165,36 \text{ kgf}}{6 * 0,28 \text{ cm}^2} = 98,43 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau \leq \tau_{adm_{Bulon}} = 1200 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Verificación al aplastamiento

Área puesta en juego:

$$A_{aplast} = 2 * \phi_o * e = 2 * 0,6 * 0,4 = 0,48 \text{ cm}^2$$

Tensión normal admisible:

$$\sigma_{aplast} = \frac{F_T/C}{A_{aplast}} = \frac{165,36 \text{ kgf}/6}{0,48 \text{ cm}^2} = 57,41 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{aplast} \leq \sigma_{adm} = 739 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Por lo tanto, los bulones utilizados verifican tanto al corte como al aplastamiento, garantizando una correcta vinculación del basculante al cuerpo – subconjunto base.

6.2.3.2 Posa-pies

El posa-pies es una zona constitutiva del basculante que vale la pena estudiar y analizar de forma independiente por su relevancia funcional. La misma tiene como objetivo garantizar un reposo seguro de las extremidades inferiores (pies) del conductor, con el fin de establecer una conducción estable.

Está compuesto por un eje macizo (A) de 15 mm de diámetro y una longitud de 115 mm soldado a ambos lados de una de las piezas principales que conforma al basculante. Un elemento de goma (B), denominado “manopla” se incrusta a los mencionados ejes para brindar resistencia al deslizamiento de los pies del conductor y se fija a los mismos a través de tornillos allen cabeza botón (C).

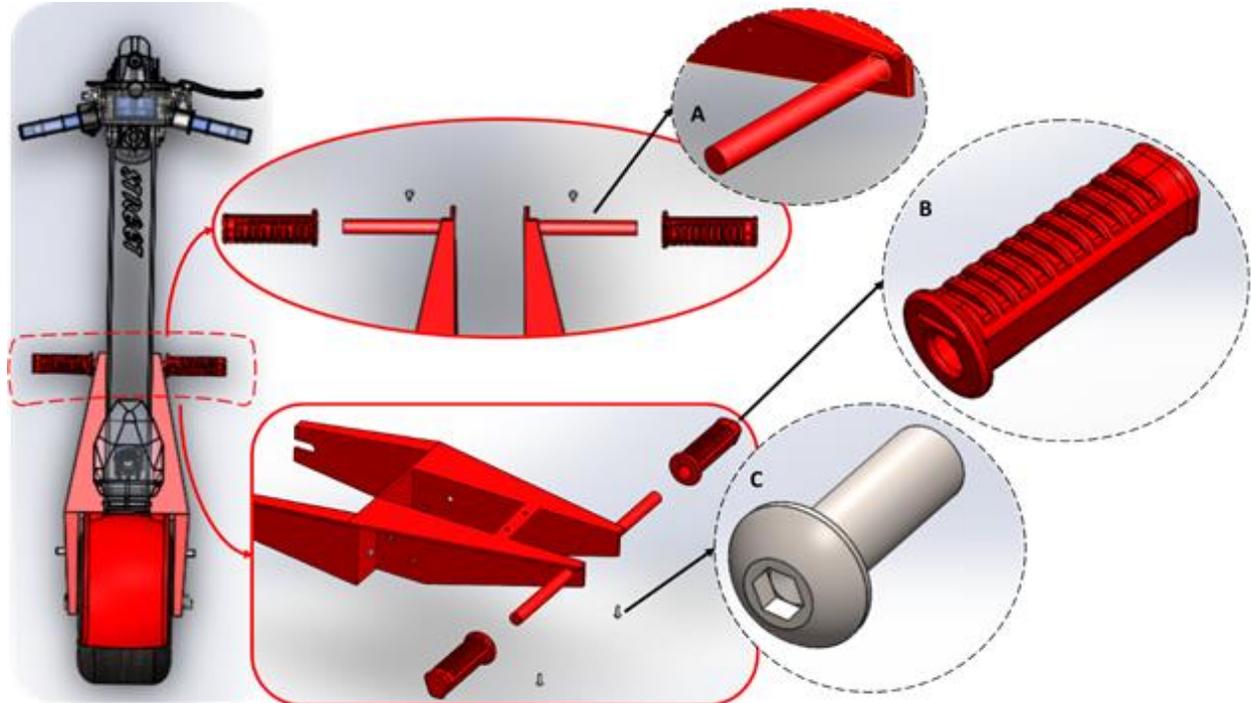


Imagen 31: Posapiés y sus piezas.

Para completar la validación del modelo se procedió a realizar una serie de análisis considerando las situaciones críticas de trabajo.

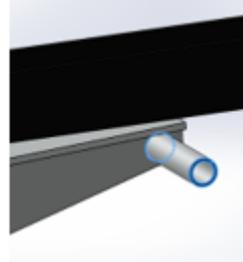
Análisis 1: Verificación a *corte* del elemento denominado *posapiés*, considerando la carga de trabajo, como una fuerza compuesta por el peso propio del del conductor y la fuerza que se genera en una maniobra de frenado prácticamente instantánea, y la situación extrema que actúa únicamente sobre un posapié.

Propiedades:

$$\text{Area: } A = 1,77 \text{ cm}^2$$

$$\text{Inercia: } I = 0,25 \text{ cm}^4$$

$$\text{Radio de giro: } r = 0,75 \text{ cm}$$



Fuerza total considerada:

$$F_T = \sqrt{F_V^2 + P^2} = \sqrt{(95,5 \text{ kgf})^2 + (95 \text{ kgf})^2} = 134 \text{ kgf}$$

Tensión tangencial generada:

$$\tau_1 = \frac{F_T}{A_{eje}} = \frac{134 \text{ kgf}}{1,77 \text{ cm}^2} = 75,70 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_1 \leq \tau_{adm} = 369,5 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

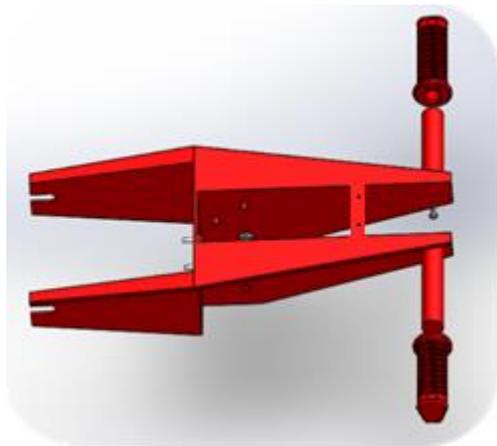
Análisis 2: Verificación a *flexión* considerando la carga de trabajo del *análisis 1* anterior, aplicada en ambos posapiés y sobre sus extremos.

$$\sigma_{Mf2} = \frac{M_f}{W} = \frac{\frac{F_T}{2} * l}{I/r} = \frac{\frac{134}{2} * 11,5 \text{ kg} * \text{cm}}{\frac{0,25 \text{ cm}^4}{0,75 \text{ cm}}} = 2323,57 \text{ kg/cm}^2$$

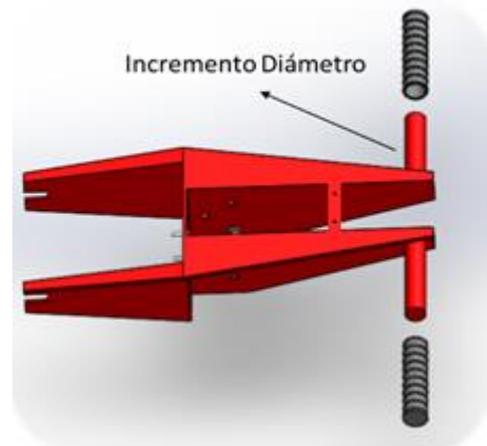
$$\sigma_{Mf2} > \sigma_{adm} = 739 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{NO VERIFICA}$$

Frente al resultado anterior, dado el caso que el diseño analizado NO VERIFICA su resistencia a la verificación a flexión analizada, se procede a rediseñar el mismo a fin de garantizar, para el usuario, un funcionamiento óptimo y seguro de los posapiés.

De esta manera, tras obtener el nuevo diseño, se expone en forma resumida los cálculos antes desarrollados.



Diseño analizado \Rightarrow Eje $\Phi = 15 \text{ mm}$



Nuevo diseño propuesto \Rightarrow Eje $\Phi = 22 \text{ mm}$

Análisis 1

Nuevas propiedades: $A' = 3,8 \text{ cm}^2$; $I' = 1,15 \text{ cm}^4$; $r' = 1,1 \text{ cm}$

$$\tau_1' = \frac{F_T}{A_{eje}'} = \frac{134 \text{ kgf}}{3,8 \text{ cm}^2} = 35,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_1' \leq \tau_{adm} = 369,5 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Análisis 2

$$\sigma_{Mf2}' = \frac{M_f}{W'} = \frac{\frac{F_T}{2} * l}{I'/r'} = \frac{\frac{134}{2} * 11,5 \text{ kg} * \text{cm}}{\frac{1,15 \text{ cm}^4}{1,1 \text{ cm}}} = 737 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Mf2}' \leq \sigma_{adm} = 739 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Ante la verificación de resistencia, queda definido por defecto, en lo que prosigue del desarrollo el nuevo diseño propuesto de los posapiés con sus respectivas propiedades asociadas, a utilizar en los cálculos que prosiguen. Se debe recordar que se ha considerado una situación de carga actuante extremista, la cual difícilmente se presente en la realidad, situando a los análisis en una posición conservadora.

Vale mencionar la modificación en las piezas auxiliares de los posapiés debido al rediseño del mismo respecto a la *Imagen 31*. De esta manera queda definido por un eje macizo (A') de 22 mm de diámetro de longitud, inalterable, de 115 mm . El elemento de goma (B') *manopla* se reemplaza por otro de similares características satisfaciendo su cometido de forma segura y eficiente. Por último, la fijación de las *manoplas* a través de tornillos allen se elimina siendo vinculados al eje por presión de forma manual o por medio de golpes suaves, haciendo uso de algún líquido lubricante a fin de facilitar la operación de colocación.

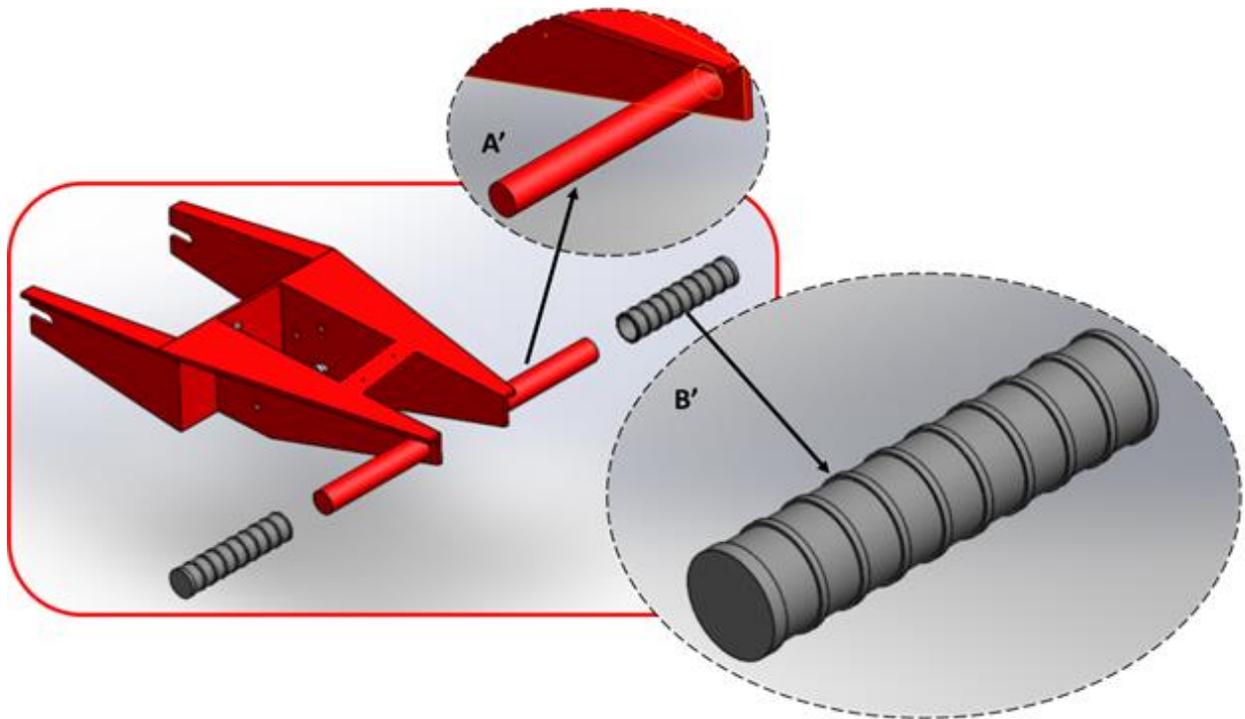


Imagen 32: Nuevo diseño Posapiés y sus piezas.

A continuación, realizamos la verificación de la vinculación fija de los posapiés a la pieza que conforma el basculante.

Análisis 3: Verificación de la *unión soldada*, complementando y considerando la misma situación de carga que los análisis anteriores.

La soldadura analizada corresponde a una soldadura en ángulo en unión a tope de planchas perpendiculares, la cual se calcula por solicitación a corte. Siendo que los catetos de la soldadura en ángulo se consideran de igual longitud que el espesor de la chapa más delgada de la unión, es decir, $e = C$. Por otro lado, con el objetivo de prevenir la posibilidad de rotura en la sección peligrosa en las soldaduras en ángulo (garganta), se afecta al área y/o cateto de la soldadura por el coeficiente $S = 0,7$; además se deben tener en cuenta los defectos en la costura de soldadura, tanto en el inicio como en el final de la misma, considerando a su longitud real reducida en 2 veces el espesor de la chapa más delgada de la unión.

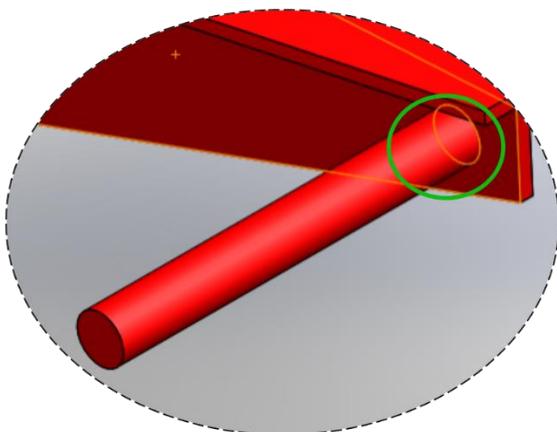


Imagen 33: Soldadura Posapiés (eje) – Planchuela Basculante.

DATOS		
Carga actuante:		$F_T = 134 \text{ kg}$
Material Aporte:	AL6061	$\sigma_{fl} = 739 \text{ kg/cm}^2$
Material Pieza:		$\zeta_{adm} = 369,5 \text{ kg/cm}^2$
Espesor más delgado:		$t = 4 \text{ mm}$
Perímetro:		$P = 69 \text{ mm}$
Área pieza:		$A_{pza} = 3,8 \text{ cm}^2$
Coficiente por defectos:		$S = 0.7$

A continuación, se muestran los cálculos realizados.

Garganta y Área resistente:

$$\text{Garganta} \rightarrow H = \frac{t * S}{\cos 45^\circ} = \frac{0,4 * 0,7}{\cos 45^\circ} = 0,4 \text{ cm}$$

$$\text{Área resistente} \rightarrow A = H * (P - 2t) = 0,4 * (6,9 - 2 * 0,4) = 2,44 \text{ cm}^2$$

Verificación soldadura

Se determinó la fuerza máxima admisible para la costura de soldadura en base a la tensión admisible ζ_{adm} y el coeficiente de calculo $n = 2$.

$$\Rightarrow P_{adm \text{ SOLD.}} = A \frac{\zeta_{adm}}{n} = 2,44 \text{ cm}^2 * \frac{369,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$\boxed{P_{adm \text{ SOLD.}} = 450,79 \text{ kg}} > F_T \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Verificación partes a unir

$$\Rightarrow P_{adm \text{ PZA.}} = A_{pza} \frac{\sigma_{fl}}{n} = 3,8 \text{ cm}^2 * \frac{739 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$\boxed{P_{adm \text{ PZA.}} = 1404,10 \text{ kg}} > F_T \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Tras realizar los cálculos, se deduce que la soldadura realizada, bajo las sollicitaciones a la que se encuentra expuesta verifica, dado que la carga admisible resulto ser mucho mayor a la actuante por lo que se garantiza una correcta unión de las partes.

6.2.3.3 Eje rueda trasera

Para conseguir fijar la rueda trasera al basculante de forma segura y eficaz, se ha optado por materializar la unión entre los mismo a través de un eje o bulón pasante y una tuerca. Por razones de tolerancias dimensionales y ajuste para asegurar el vinculo con la pista interna de los rodamientos se escoge fabricar el mismo a partir de material *Acero AISI C1010*.

Las tolerancias dimensionales y ajuste otorgados en el proceso de fabricación corresponden a:

Agujero Unico: Diametro 17mm H8/h9 (para piezas que deben montarse sin esfuerzo y que deben desplazarse en su funcionamiento)

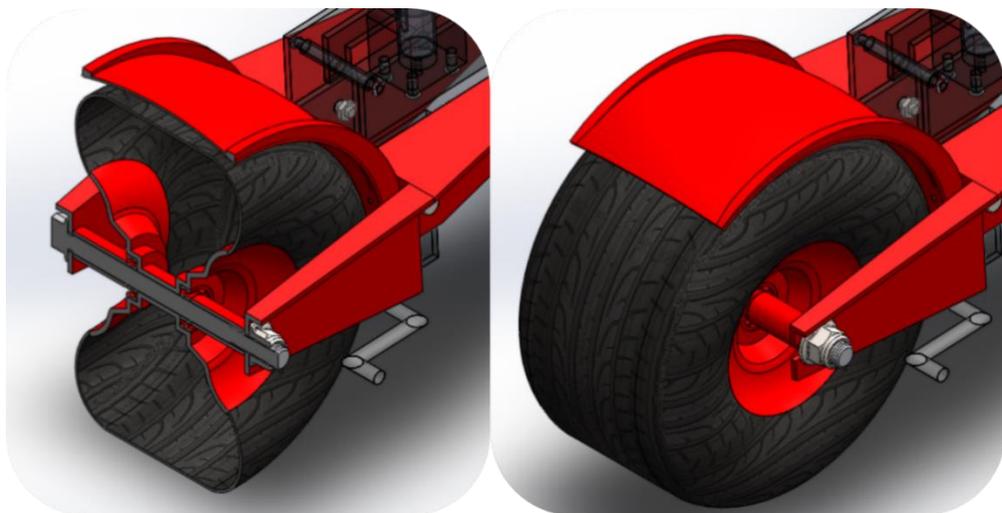
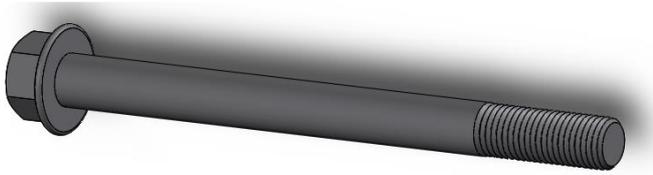


Imagen 34: Elemento de fijación rueda trasera - basculante.

Ahora bien, se debe verificar que el bulón propuesto sea capaz de soportar las solicitaciones actuantes. Sus características son:



DATOS	
Material: Acero AISI C1010	$\sigma_{fl} = 330 \text{ MPa}$ $\zeta_{adm} = 165 \text{ MPa}$
Diámetro:	$\phi = 17 \text{ mm}$
Área:	$A = 226,98 \text{ mm}^2$
Inercia:	$I = 4099 \text{ mm}^4$
Radio giro:	$r = 8,5 \text{ mm}$

Imagen 35: Eje rueda trasera.

Para simplificación del estudio, se considerará un sistema siempre que presentará sus apoyos en la sección de contacto con el mecanismo de agarre. La fuerza actuante en el perno será ubicada en los rodamientos que alojan a dicho eje, representando a la fuerza que genera el peso propio del conductor sumado al peso propio del VMP (Solicitación más desfavorable)

$$\Rightarrow F = p + P = 40 + 95 = 135 \text{ kgf} = 1350 \text{ N}.$$

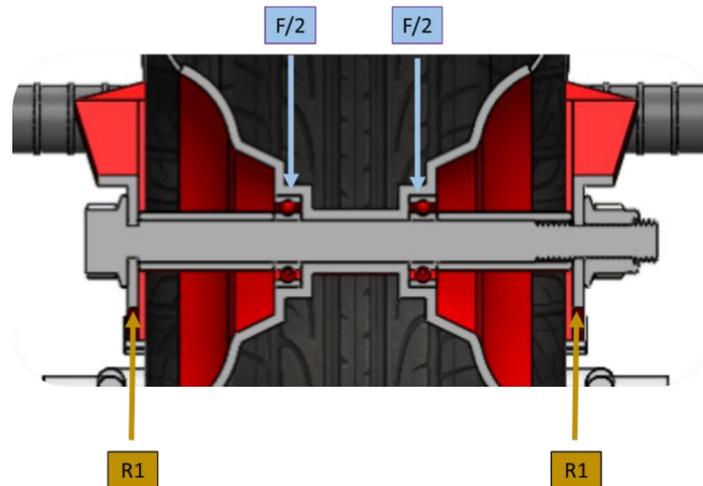


Imagen 36: Fuerza actuante – solicitación desfavorable eje rueda trasera.

...primeramente se debió obtener el valor máximo que pueden alcanzar las reacciones en la sección donde luego se realizara la verificación por aplastamiento y el momento flector máximo. Por balance de Momentos, se obtuvo para el caso extremo de $F = 1350 \text{ N}$:

$$\begin{aligned} \sum M_1 = 0 &\rightarrow R_1 = R_2 = \frac{F/2(d_1 + d_2)}{d} \\ &\rightarrow \text{como } \dots d_1 + d_2 = d \\ &\Rightarrow R_1 = R_2 = \frac{F}{2} = 675 \text{ N} \end{aligned}$$

Verificación a corte:

$$\tau_{corte} = \frac{F/2}{A_{eje}} = \frac{\frac{1350}{2} \text{ N}}{226,98 \text{ mm}^2} = 2,97 \text{ MPa}$$

$$\tau_{corte} \leq \tau_{adm} = 165 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Verificación a flexión:

$$\sigma_{Mf} = \frac{M_{f \max}}{W} = \frac{\frac{F}{2} * l}{I/r} = \frac{\frac{1350}{2} * 56 \text{ Nmm}}{\frac{4099 \text{ mm}^4}{8,5 \text{ mm}}} = 78,38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Mf} > \sigma_{adm} = 330 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Como se podrá comprender, los valores obtenidos son excesivamente pequeños, sin embargo, atendiendo a la practicidad en la construcción del equipo utilizando un bulón comercial destinado para tal fin, eje de rueda, y considerando la capacidad del equipo de afrontar situaciones imprevistas de carga es motivo suficiente para mantener su selección.

Vale aclarar, que, frente a esfuerzos tan pequeños, ante una gran sección, se entiende que no será necesario hallar los esfuerzos generados en la zona de contacto con el rodamiento, siempre y cuando se eviten concentradores de tensiones utilizando radios de acuerdo.

Para finalizar la validación del eje de la rueda debemos analizar la posibilidad de aplastamiento del basculante, en su punto de vinculación para con el eje que ha de pivotar dentro de los rodamientos (seleccionados posteriormente). Teniendo en cuenta que su forma constructiva ya se ha definido, se procedió a realizar la verificación, a saber:

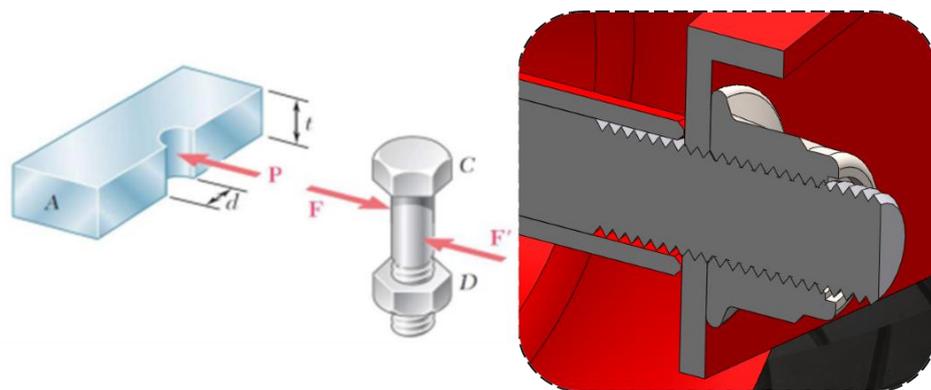


Imagen 37: Verificación aplastamiento.

Observando la imagen anterior puede notarse que en la zona de contacto entre el eje de la rueda y la planchuela que conforma al basculante, se producirán esfuerzos de dos naturalezas:

- Corte: por efecto de las reacciones que deben ser capaces de resistir el esfuerzo provocado por las cargas actuantes. Este esfuerzo actúa sobre una sección circular perpendicular al eje. Verificación comprobada anteriormente, donde se obtuvieron resultados positivos, sin riesgo alguno.
- Aplastamiento: una sección del basculante de espesor relativamente pequeño debe transmitir las reacciones al eje. Este esfuerzo actúa sobre una sección rectangular coincidente con la zona de contacto entre las piezas, y su proyección en dirección perpendicular a la fuerza tiene dimensiones $d_{eje} * t$. Donde t es el espesor de la planchuela del basculante.

Verificación aplastamiento: Para poder realizar este cálculo, con el valor máximo que pueden alcanzar las reacciones en la sección en cuestión hallado anteriormente y las propiedades mecánicas del material del basculante (*Aluminio 6061*) $\rightarrow \sigma_{adm} = 739 \frac{kg}{cm^2}$

Área puesta en juego:

$$A_{aplas} = d_{eje} * t = 17 \text{ mm} * 4 \text{ mm} = 68 \text{ mm}^2$$

Tensión normal admisible:

$$\sigma_{aplas} = \frac{F/2}{A_{aplas}} = \frac{675 \text{ N}}{68 \text{ mm}^2} = 9,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{aplas} \leq \sigma_{adm} = 739 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Nuevamente nos encontramos frente a un resultado de por de más conservador, ubicándonos del lado de la seguridad, sin riesgo alguno de fallo.

Finalmente, la vinculación de la rueda trasera al basculante se realizará por medio de:

→ Un eje (pieza de fabricación) con cabeza hexagonal con flange de $\varnothing = 17 \text{ mm}$ y longitud útil, $l_{util} = 195 \text{ mm}$. El extremo se encuentra roscado una $l_{rosca} = 44 \text{ mm} - M16 \times 1,5$.

→ Una tuerca hexagonal flangeada $M16 \times 1,5$ compatible con la rosca del eje anterior.

6.2.3.4 Llanta rueda trasera.

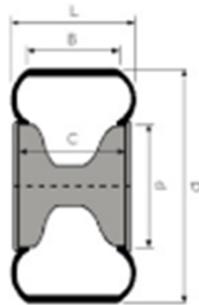
Para lograr la transmisión de potencia al suelo, se ha decidido recurrir a la gama de llantas para kart infantil, de la línea *Cadete*. Este tipo de llantas se diferencia del resto por contar con alojamientos para rodamientos, su elevada ligereza y costo reducido, por su aplicación en los primeros pasos de pilotos jóvenes de clases infantiles de karting.



Imagen 38: Llanta rueda trasera *Cadete*.

Ahora bien, para una correcta selección de la llanta se tuvo en consideración los elementos previamente seleccionados, como ser el eje y sus propiedades asociadas, dimensiones del basculante (apertura brazos) donde alojara la llanta, tipo de montaje y las capacidades que debe satisfacer de acuerdo al objetivo del VMP (velocidad, peso, situaciones de carga).

De catálogo de fabricante, dentro de las diversas posibilidades a implementar, se ha seleccionado el modelo de llanta ciega 10" x 4" de aluminio, cumpliendo satisfactoriamente los requisitos. Se pretende, utilizar un neumático de mayor ancho en la parte trasera, respecto a la rueda delantera, mejorando de esta manera la ciclista del VMP.



ESPECIFICACIONES

Modelo	Cadete	
Homologación 2017/2019	CBA	
Medida	10 x 4.00 - 5	
Clasificación	HARD (1)	
L (mm) + 10	110	
B (mm) + 10	72	
C (mm) + 5	100	
d (mm) + 0 - 1	126.20	
D (mm) + - 10.00	254	
Presión de aire recomendada ⁽²⁾	BAR + 0.20	1.10
Presión de aire recomendada ⁽²⁾	PSI + 3.00	16.00
Presión máxima de aire	BAR	4.00
Presión máxima de aire	PSI	58.00
Velocidad máxima	Km/h	90
Velocidad máxima	Mph	150

Imagen 39: Llanta rueda trasera *Cadete* - especificaciones.

6.2.3.5 Neumático trasero

Con el fin de establecer un punto de contacto adecuado con el suelo, lograr una correcta adherencia y fricción, garantizando una excelente ciclística del VMP y una conducción segura, es motivo por el cual se ha escogido un neumático trasero de mayor ancho que el delantero.

A continuación, se mencionan determinadas características de comportamiento de los diferentes anchos de cubiertas, ventajas e inconvenientes ofrecidos.

Neumáticos de 2 a 2,5 pulgadas de ancho:

- Mayor nivel de agarre respecto a medidas inferiores de ancho, incluyendo una mejor flotación sobre terrenos blandos o arenosos.
- Mayor volumen de aire y, a consecuencia, más posibilidades de ajuste de la presión y menos riesgo de pinchazos y llantazos respecto a anchos inferiores.
- Menor capacidad de aceleración que los neumáticos más estrechos, con reacciones más lentas en ascensos, frenadas y cambios de dirección.
- Son los más recomendables para implementar en ruedas delanteras

Neumáticos de más de 2,5 pulgadas de ancho:

- Máximo nivel de agarre y flotabilidad sobre terrenos blandos o arenosos.
- Mayor resistencia en los flancos debido a un mayor asiento de la cubierta sobre la llanta. Destalonamientos y llantazos muy poco frecuentes.
- Menor capacidad de aceleración. Son los más lentos para ascender, frenar o cambiar de dirección, debido a su gran masa.
- Se suelen montar en vehículos eléctricos en la parte trasera.

Por otro lado, puede surgir la pregunta: ¿Por qué utilizar neumáticos de 10" pulgadas?...?

Tras una comparativa de las opciones de ruedas disponibles, es posible destacar ciertos puntos a favor y en contra, a fin de tomar una correcta decisión de las ruedas del vehículo.

En cuanto al tamaño, la ventaja de las ruedas de 10 pulgadas, frente a las ruedas de menor diámetro, 8" - 8,5" más difundidas, radica en que ofrecen una mayor amortiguación, mayor elegancia al incrementar la altura y aumenta un poco la velocidad (al aumentar el diámetro de la rueda y manteniendo la velocidad angular la velocidad lineal aumenta).

Ahora bien, respecto al tipo de neumático, disponibles en cualquiera sea el tamaño, ¿Por qué el uso de neumáticos con cámaras de aire?... existen tres tipos principales:

– Ruedas con cámaras de aire: Su principal desventaja radica en que son susceptibles a pinchazos, pudiendo ocasionar la detención del vehículo en circunstancias imprevistas. Sin embargo, existe la posibilidad de reducir considerablemente el porcentaje de sufrir una situación así, con la incorporación de líquido sellador/antipinchazos en la cámara de la rueda.

– Ruedas macizas: La ventaja más evidente es que se elimina el riesgo de pinchazos, no se pinchan. Como contra partida reducen en cierta medida la amortiguación del VMP, sin embargo, según usuarios con experiencia, esta diferencia en la amortiguación no es tan significativa como el público cree.

El inconveniente de estas ruedas es que son relativamente difíciles de colocar y en ocasiones, puede provocar la rotura del neumático, curvatura del disco de freno o ralladuras en la llanta. La ventaja más evidente como hemos mencionado es que no se pinchan.

– Ruedas tubeless: Más conocidas como ruedas sin cámara, al retirar la cámara de aire e hinchar la cubierta a presión con un líquido antipinchazos se consigue lo que se conoce como rueda tubeless o rueda anti pinchazo para patinetes eléctricos.

Esta opción puede parecer una alternativa buena, una combinación de las anteriores, ya que mantiene la amortiguación y aparentemente no se pinchan, pero la realidad no es tan atractiva. En caso de ocurrir un golpe o del mismo uso del VMP, pueden desgastarse los contornos de los neumáticos (punto de contacto entre cubierta y llanta), provocando una despresurización de la rueda, situación aún más complicada que frente a un pinchazo en una rueda con cámara de aire. Si el contorno queda dañado no se podría reaprovechar la rueda con lo que, aunque no se pinche, este problema sucede con la misma frecuencia o más. Por este motivo no recomendamos esta alternativa. Sería una mejor alternativa introducir líquido sellador/antipinchazos dentro de las cámaras de las ruedas de aire normales.

En resumen, la adherencia al piso del VMP, a lo que respecta al neumático de la rueda trasera, tras analizar las consideraciones antes mencionadas, dentro de las diversas posibilidades a implementar existentes en el mercado se hará por medio de los siguientes componentes:



Llanta trasera 10" ciega de aluminio con alojamientos de rodamientos.



Neumático trasero 10"x 4 - 5

Imagen 40: Resumen componentes rueda trasera.

Vale mencionar, que, frente a las fluctuaciones e inestabilidad del mercado, dependiendo el stock disponible en el momento se escogerá el ancho del neumático, respetando siempre el diámetro de la llanta, en este caso 10". Se pretende utilizar un neumático de mayor ancho en la parte trasera, respecto a la rueda delantera, mejorando de esta manera la ciclista del VMP.

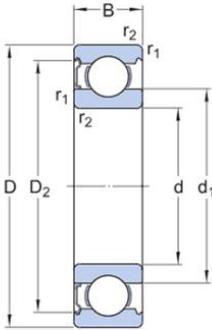
6.2.3.6 Selección Rodamientos

Para lograr el movimiento de giro de la rueda, de forma suave y con fricción mínima, el sistema de vinculación de esta debe girar sobre un punto fijo determinado. Para permitir este giro se utilizan rodamientos cuyo alojamiento se encuentra en la llanta preseleccionada paginas arriba.

La provisión de los rodamientos, se recurrió al fabricante reconocido de marca comercial SKF, ampliamente difundido dentro y fuera de nuestro país, con reconocida trayectoria. Los rodamientos a implementar son elementos estándares, como los ilustrados a continuación:



6003-Z Rodamiento rígido de bolas con sellos o placas de protección



Dimensiones		
d	17 mm	Diámetro interno
D	35 mm	Diámetro exterior
B	10 mm	Ancho
d ₁	≈ 23 mm	Diámetro del resalte
D ₂	≈ 31.2 mm	Diámetro del rebaje
r _{1,2}	min. 0.3 mm	Dimensión del chaflán



Imagen 41: Rodamiento SKF 6003-Z - Especificaciones.

En cuanto a su selección, puede mencionarse que el rodamiento estándar seleccionado 6003 – Z Rígido de bolas con sellos resulta compatible cumpliendo los requisitos dimensionales de la llanta donde ira alojado ($\varnothing_{ext} = 35\text{ mm}$) y del eje ($\varnothing_{int} = 17\text{ mm}$) que soportara, elementos previamente seleccionados. Por otro lado, los sellos brindan y garantizan el impedimento de suciedad hacia su interior aumentando su vida útil y eliminando la necesidad de lubricación.

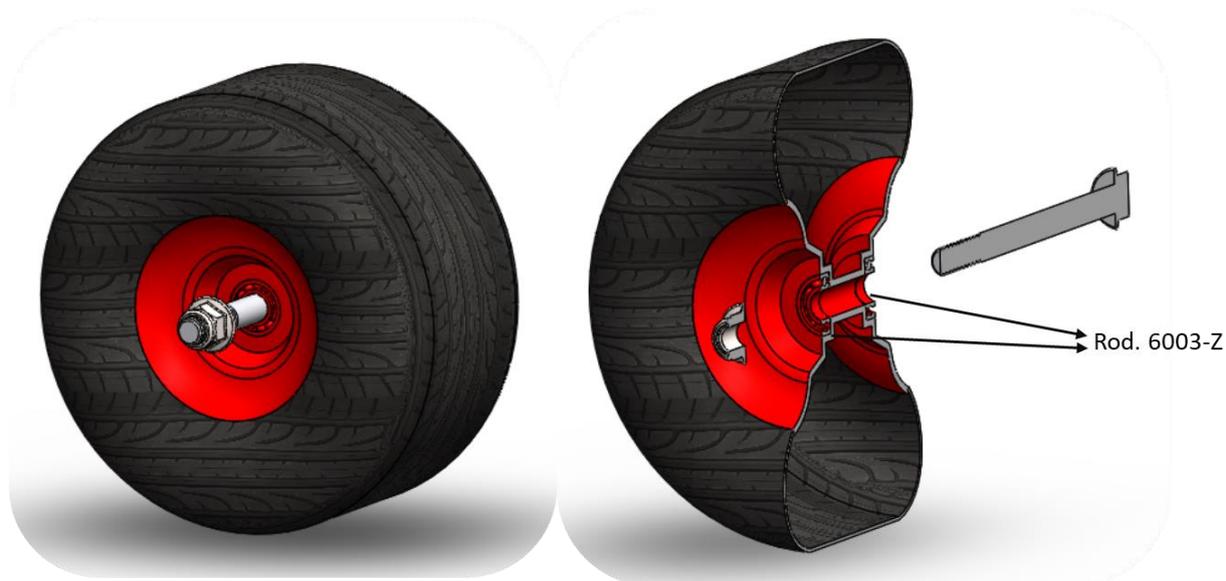


Imagen 42: Montaje rodamientos 6003-Z.

6.2.3.7 Bujes separadores

El eje que vincula la rueda trasera al basculante permitiendo su giro debe apretarse correctamente para evitar el desacople de esta. Para ello, se debe aplicar un par de apriete a la tuerca que oscila entre los 80 – 120 Nm para ejes de rueda. A fin de evitar el desplazamiento de la rueda y mantenerla centrada sobre el eje, y por otro lado impedir la deformación de los brazos del basculante al ejercer el apriete del eje de la rueda es que se optó por utilizar un buje separador a ambos lados de la llanta, cubriendo el espacio libre entre esta y la zona interior del brazo del basculante, concéntricos con el eje de la rueda, respetando los requisitos dimensionales de los elementos en cuestión, como se observa a continuación.

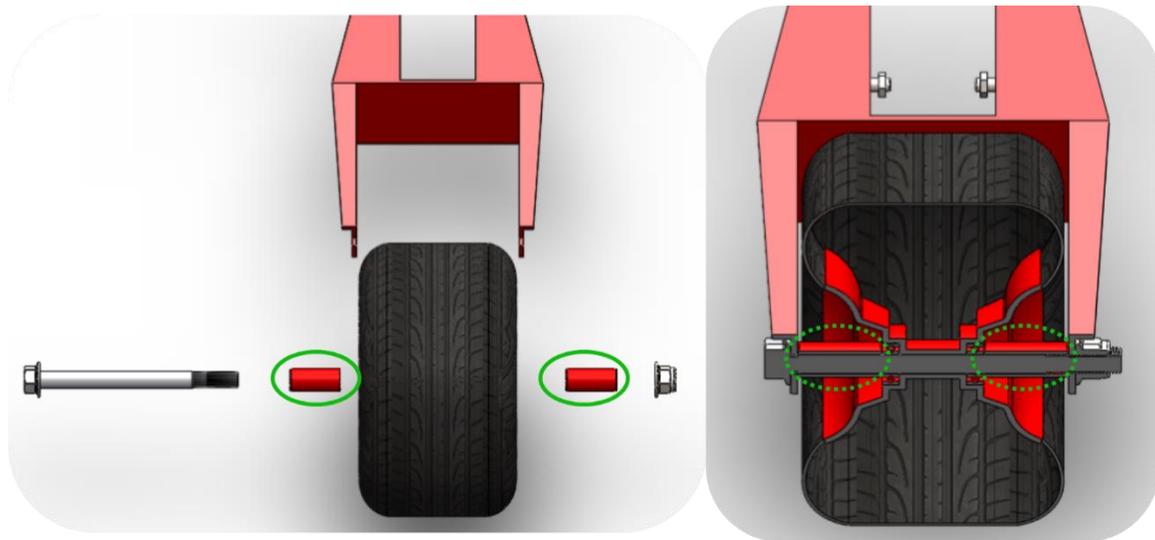


Imagen 43: Bujes separadores – Ubicación y montaje.

6.2.3.8 Guardabarros trasero

Se trata de una pieza curva realizada a partir de impresión 3D, recurso de fabricación altamente difundido en la actualidad. Su objetivo es cubrir parcialmente un arco de circunferencia de la rueda trasera a fin de evitar y/o reducir en gran medida salpicadura de suciedad/fluidos presente en el suelo hacia el cubículo del usuario.

La impresión 3D con material ABS permite gran flexibilidad en cuanto al diseño brindando la personalidad deseada en una pieza y permitiendo ajustar fácilmente la rigidez necesaria en el diseño con tiempos de fabricación relativamente cortos y de forma prácticamente automática, haciéndolo un muy buen recurso para su fabricación. Otra característica de este material, y muy útil para esta aplicación, es su ligereza y capacidad para absorber vibraciones al tratarse de un plástico flexible.

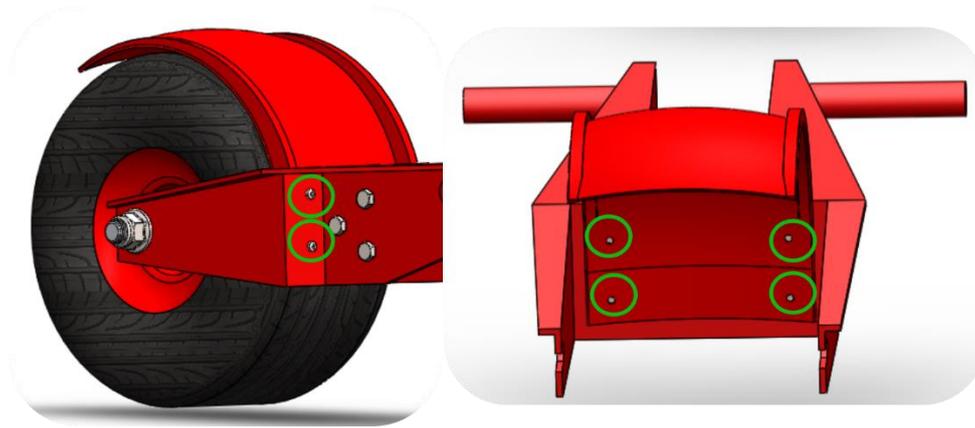


Imagen 44: Guardabarros trasero. En verde tornillos de fijación.

Esta pieza se vincula a la pieza basculante a través de 4 tornillos con cuerpo trilobular con perfil de rosca de $48^\circ M 4 \times 1$ – longitud 16 mm alojados sobre su parte frontal, diseñados específicamente para plástico. La carga a soportar por los bulones es prácticamente despreciable y no representando ningún inconveniente para el óptimo funcionamiento del conjunto. En el caso que el diseño presente inconvenientes relacionados a su rigidez, fácilmente se le adicionarán nervios a lo largo de la periferia del guardabarros aumentando su rigidez estructural.

6.2.4 Subconjunto Traba

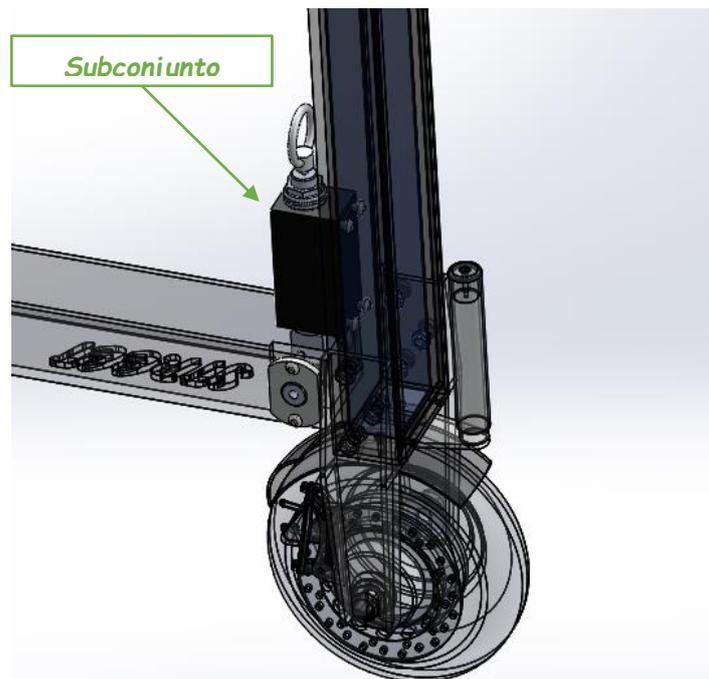
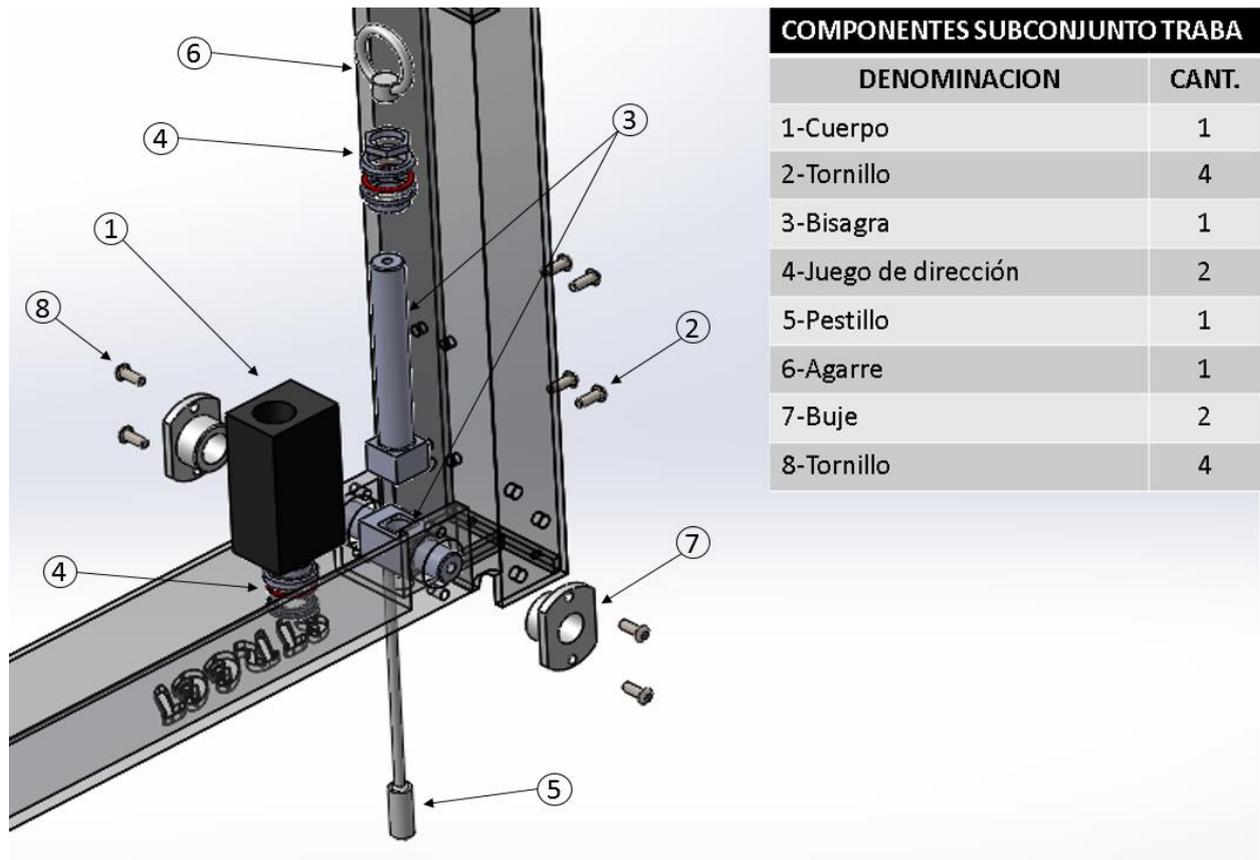


Imagen 45: Subconjunto TRABA.

Este subconjunto trata de una parte muy importante para el vehículo, cumple básicamente un rol de una articulación. A través de él se logra propinar la dirección deseada del VMP y a su vez, se puede configurar la posición de reposo o guardado y su posición de uso o transporte. Se considera como un impacto positivo que este subconjunto presente un aspecto de robustez.



COMPONENTES SUBCONJUNTO TRABA	
DENOMINACION	CANT.
1-Cuerpo	1
2-Tornillo	4
3-Bisagra	1
4-Juego de dirección	2
5-Pestillo	1
6-Agarre	1
7-Buje	2
8-Tornillo	4

Imagen 46: Componentes del subconjunto TRABA.

6.2.4.1 Cuerpo

Esta pieza de forma prismática tiene como finalidad actuar como soporte de lo que sería el juego de dirección (4) permitiendo al usuario maniobrar con el vehículo. Sobre él se inserta la pieza bisagra (3) por el cual se vincula el resto del vehículo que no está contemplado en la zona delantera. Constructivamente se compone de un bloque macizo rectangular, de dimensiones generales $40 \times 52 \times 100 \text{ mm}$ – Ancho; Largo; Alto de material *Aluminio 6061 T4*, con la perforación pasante adecuada en su cara superior para el paso del componente bisagra (3) y disposición del juego de dirección (3). Esta pieza se vincula al subconjunto frente a través de 4 *bulones M 6 x 16mm; paso 1,0* (2) que se disponen en el alojamiento indicado por la referencia A, en donde la carga absorbida por estos es prácticamente despreciable, no siendo inconveniente para el óptimo funcionamiento del subconjunto y sus pares.

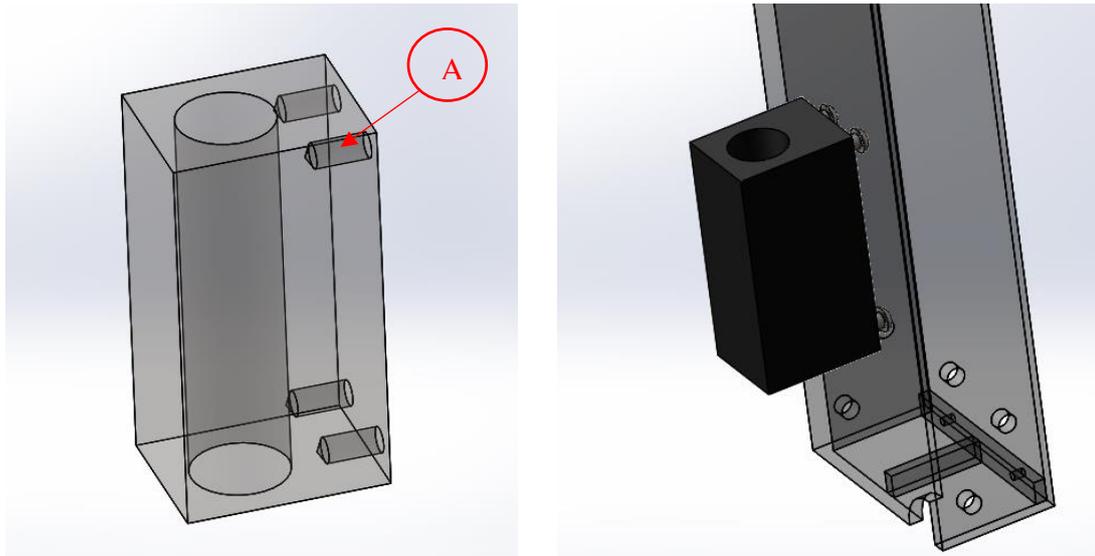


Imagen 47: Pieza denominada cuerpo y su vinculación las demás piezas.

En cuanto a la fabricación de la pieza podría variar de acuerdo a la forma comercial en la que se encuentre la materia prima en el mercado. Una opción es mediante moldeo y fundición, y ante la imposibilidad de dicho método, se utilizará una barra de sección rectangular y se otorgaran las dimensiones adecuadas haciendo un uso eficiente del recurso.

Verificación de resistencia al **corte** de los **bulones** que sustentan el juego de dirección, considerando el peso propio del vehículo de 40 kgf más la carga de un pasajero de 95 kgf, obteniéndose un peso total de 135kgf.

Área resistente:

$$A = \frac{d^2}{4} \pi = \frac{(0,6cm)^2}{4} \pi = 0,282 cm^2$$

Tensión tangencial generada:

$$\tau = \frac{P/4}{A} = \frac{135kgf/4}{0,282 cm^2} = 119,7 kg/cm^2$$

Área y tensión normal generada:

$$A_{aplas} = 2 * \phi_o * e = 2 * 0,6 * 0,6 = 0,72 cm^2$$

$$\sigma_{aplas} = \frac{F/C}{A_{aplas}} = \frac{135kgf/4}{0,72 cm^2} = 46,8 kg/cm^2$$

Realizando un análisis de los valores de tensiones obtenidos y aun siendo estos de muy bajo valor, se considera apropiado mantener el sobredimensionamiento ya que se trata de un conjunto crítico para el vehículo y con el cual el usuario debe interactuar para accionar el sistema de traba. Resulta sensato brindarle una sensación de seguridad al usuario con un conjunto de piezas robustas a costa de encarecer un tanto más su fabricación.

6.2.4.2 Dirección

El juego de dirección optado consiste en un sistema a bolillas y sujeción mediante *rosca W 1x24*, tratándose de un conjunto estándar muy sencillo que garantiza la estabilidad y facilita la maniobrabilidad del vehículo, siendo provisto por cualquier casa de repuestos de bicicletas.

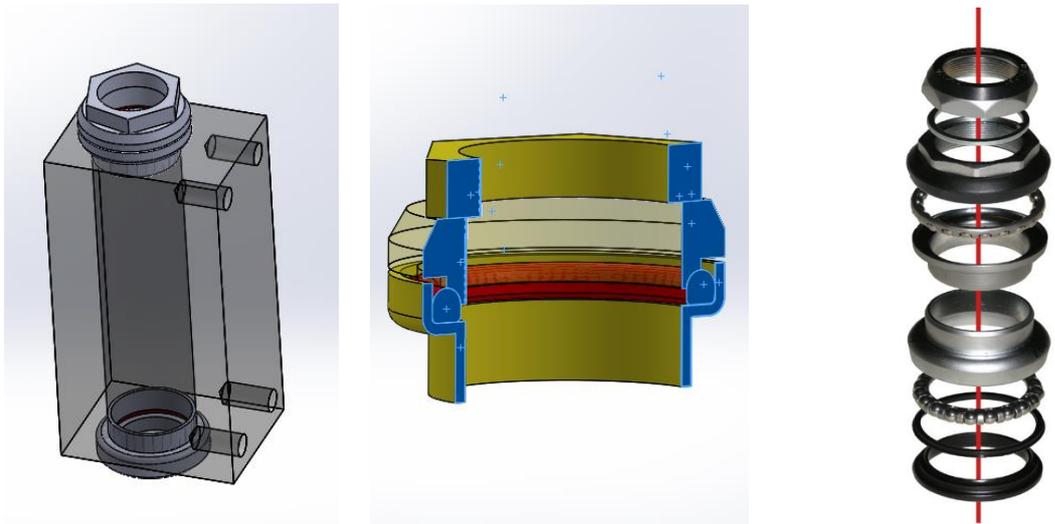


Imagen 48: Pieza denominada dirección.

Se optó por este tipo de componente debido a su sencillez, bajo costo, disponibilidad y cabe destacar que su extenso periodo en el mercado como producto confiable y duradero; es por esto que no hace falta realizar verificación alguna en cuanto a sus prestaciones, ya que se le dará una aplicación similar para la que fue diseñado.

6.2.4.3 Pestillo

Este conjunto sencillo está compuesto por tres piezas, una de ellas estándar y las dos restantes personalizadas. La referencia C señala la pieza estándar que se trata de un resorte de dimensiones ϕ_{EXT} : 15 mm ; ϕ_{SECC} : 2,25mm ; largo: 24 mm ; vueltas: 6 (cod. fabricante F189) y material acero al carbono ASTM A227 que permite restaurar la posición original del pestillo. La referencia B señala la pieza troncal, fabricada mediante operaciones de mecanización de una barra circular trefilada de **Acero al carbono SAE 1020** con buenas propiedades mecánicas y maquinabilidad (Véase Anexo E – Catalogo Arcelor Mittal – Red Acindar – Pág. 152/153), con propiedades mecánicas: $[\sigma_{fl} = 3569 \text{ kg/cm}^2; \sigma_{adm} = 0,7\sigma_{fl}; \tau_{adm} = 0,5 \cdot \sigma_{adm}]$ (Véase Anexo E – Catalogo Arcelor Mittal – Red Acindar – Pág. 167), siendo un material de uso común en industrias, provista por **Arcelor Mittal – Red Acindar**, cadena de distribución siderúrgica más grande de Argentina. Esta pieza tiene el objetivo de permitir el armado del VMP para su función de vehículo, o bien, para su configuración de traslado/almacenado. La referencia A representa un agarre con el cual el usuario del VMP va interactuar para trabar/destrabar el armado del equipo; se trata de una pieza de material **Aluminio 6061 T4** cuya base dispone de un orificio roscado M8; paso 1mm por el cual se vincula con la pieza troncal (B) la cual dispone un frezado en el área de la zona roscada para facilitar el ajuste con la pieza en forma de anillo (A).

Cabe mencionar, que a diferencia de los demás subconjuntos estas piezas están fabricadas de distintos materiales debido a las prestaciones necesitadas: dureza y elasticidad (resorte), resistencia (acero 1020) y por último, se puede destacar la estética y bajo peso (aluminio).

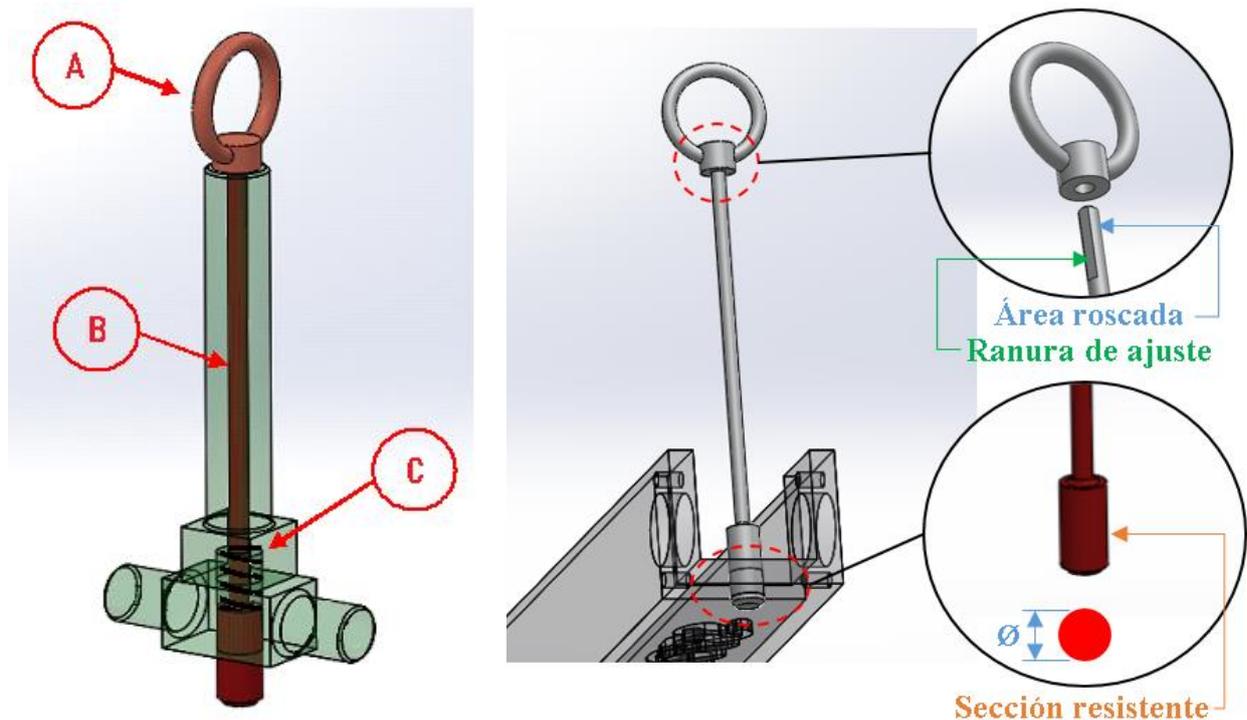


Imagen 49: Pieza denominada pestillo y su vinculación con las demás piezas.

En cuanto a las sollicitaciones de estas piezas, se considera la fuerza que se genera en el vehículo al desacelerar de forma instantánea desde la velocidad máxima a la velocidad nula, obteniéndose así el esfuerzo de corte más crítico en el área resistente de trabajo.

Determinación fuerza de frenado violento:

Empleando la fórmula del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado:

$$v_f = v_0 + a \cdot t$$

Suponiendo velocidad inicial como la máxima ($v_0 = 25 \text{ km/h}$), la velocidad final como nula ($v_f = 0$) y considerando tiempo de frenado de 1 segundo, se obtiene la siguiente desaceleración:

$$a = -\frac{v_0}{t} = -\frac{6,94 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} = -6,94 \text{ m/s}^2$$

Considerando la masa propia del vehículo de 40 kg más la carga de un pasajero de 95 kg, la masa total valdrá 135kg obteniéndose una fuerza resultante de:

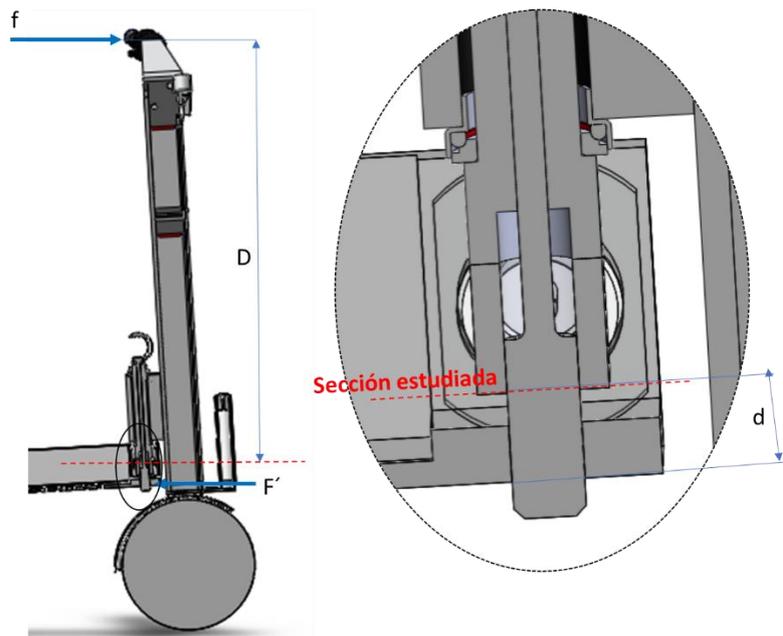
$$F_V = m \cdot a = 135 \text{ kg} \cdot \frac{6,94 \text{ m}}{\text{s}^2} = 936,9 \text{ N} = \boxed{95,5 \text{ [kgf]} = F_V}$$

Dimensionamiento – Análisis carga súbita Pestillo

A continuación, se presentan las hipótesis simplificativas consideradas durante el cálculo:

- La recta de acción es “coincidente”
- La sección en estudio absorbe el esfuerzo a corte.
- El estado de carga corresponde a un porcentaje de la fuerza de frenado violento anteriormente determinada en la cual se tuvo en cuenta la masa total del sistema.
- El estado de carga es aplicado sobre los manillares del manubrio.

- Se aplica un coeficiente de carga súbita $k_d = 1,5$



Datos:

Fuerza de frenado violento	$F_V = 95,5 [kg]$
Porcentaje de carga actuante	$\%_A = 80\%$
Coeficiente carga súbita	$k_d = 1,5$
Distancia mayor	$D = 646 [mm] = 64,6 [cm]$
Distancia menor	$d = 17,3 [mm] = 1,73 [cm]$
	$\sigma_{fl} = 3569 [\frac{kg}{cm^2}]$
Material Acero	
SAE 1020 - Trefilado	$\sigma_{adm} = 2498 [\frac{kg}{cm^2}]$
(Red Acindar)	
	$\tau_{adm} = 1250 [\frac{kg}{cm^2}]$

Determinación carga actuante

La carga actuante sobre los manillares contemplando el coeficiente por carga súbita y el porcentaje de aplicación vale:

$$f = \%_A * k_d * F_V$$

Dimensionamiento:

Sea:

$$F' * d = f * D \Rightarrow F' = \frac{f * D}{d}$$

Como:

$$\tau_{adm} = \frac{F'}{A} \Rightarrow A = \frac{F'}{\tau_{adm}}$$

Donde, siendo el área de un círculo, el valor del diámetro necesario teórico se expresa:

$$\phi_N = \sqrt{\frac{F' * 4}{\tau_{adm} * \pi}} \Rightarrow \text{Reemplazando} \Rightarrow \sqrt{\frac{\frac{\%0_A * k_d * F_V * D}{d} * 4}{\tau_{adm} * \pi}} = \phi_N$$

Reemplazando los datos se obtiene:

$$\Rightarrow \phi_N = \sqrt{\frac{\frac{0.8 * 1.5 * 95.5 * 64.6}{1.73} * 4}{1250 * \pi}} = \boxed{2 \text{ [cm]} = \phi_N} \rightarrow \text{Diametro Necesario Teorico}$$

Para materializar el mismo se opta por la medida comercial inmediatamente superior a $\phi_N = 20 \text{ [mm]}$, siendo este 22 [mm] (según disponibilidad comercial del momento). Mediante operaciones de mecanizado se aplican las tolerancias dimensionales correspondientes alcanzando un diámetro real practico de valor: $\phi_{Real} = 20 \text{ [mm]}$

Verificación **Área y tensión normal por aplastamiento:**

$$A_{aplast} = 2 * \phi_{Real} * e = 2 * 1,85 * 1,5 = 5.55 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{aplast} = \frac{F'}{A_{aplast}} = \frac{4112}{5.55 \text{ cm}^2} = 740 \text{ kg/cm}^2 \leq \approx \sigma_{adm} = 739 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

6.2.4.4 Buje

Esta pieza tiene la finalidad de dar apoyo a la pieza denominada bisagra (3), permitiendo fijarla en su lugar y a su vez dándole la libertad para que pivotee permitiendo la reconfiguración en el armado del VMP (reposo o circulación). Se trata de una pieza mecanizada a partir de una barra de sección circular de *diámetro 56mm* y material *Nylon 6* [$\sigma_t = 795 \text{ kg/cm}^2$; $\tau_{adm} = 0,5 \cdot \sigma_{adm}$] que se fija al subconjunto base mediante *2 bulones M6 x 16mm; paso 1,0* (8) como se indica en la imagen siguiente.

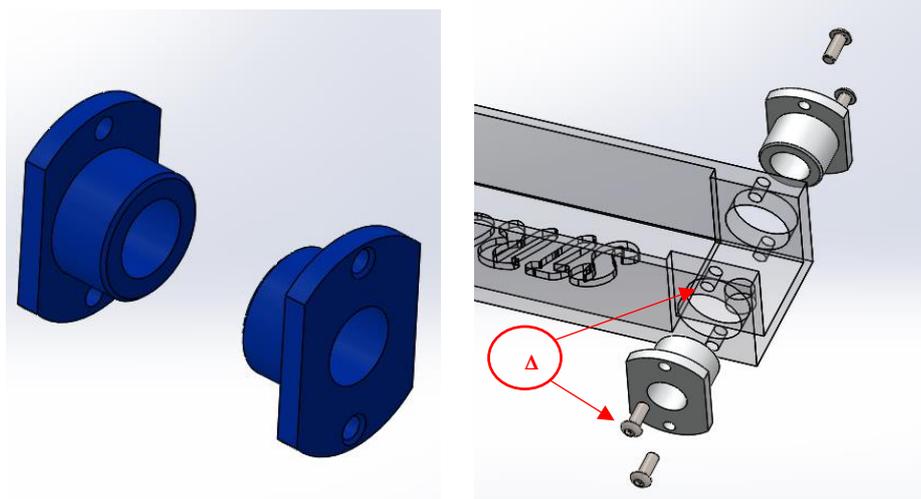


Imagen 50: Pieza denominada buje y su vinculación con los demás componentes.

Se emplea un material de esta naturaleza por su simpleza siendo muy económico, de buena resistencia mecánica, ligero y no se ve afectado por la corrosión. Al estar en contacto con otra

pieza y generarse un movimiento relativo de muy baja frecuencia resulta ser una opción acorde para no encarecer el VMP con materiales específicos.

Esta pieza se encuentra en constante sollicitación a esfuerzos de corte; su estudio y verificación se detallan en el *Análisis 4* del apartado de cálculos del componente bisagra con el cual tiene una vinculación directa.

6.2.4.5 Bisagra

Se trata de la pieza principal de la dirección del VMP, a partir de ella se podría decir que se vinculan los dos grandes conjuntos del vehículo, el conjunto que contempla a la rueda trasera y el conjunto que contempla a la rueda delantera, y a partir de allí se logra el direccionamiento durante la marcha.

La pieza bisagra (3) se compone a partir de dos barras de sección cuadrada de $30 \times 30 \text{ mm}$ de material *Aluminio 6061 T4* que son parcialmente mecanizadas y luego unidas entre sí mediante soldadura dando forma a una T invertida; para facilitar su unión se mecaniza un encastre macho/hembra en ambas piezas.

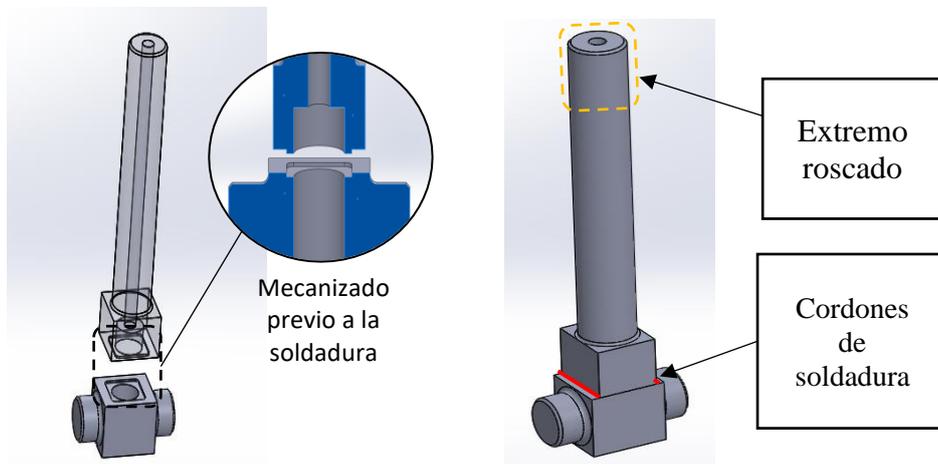


Imagen 51: Pieza denominada bisagra y sus particularidades.

En el lado de mayor longitud de la pieza se presenta un orificio pasante en donde desliza la pieza denominada pestillo (5) y dispone en su extremo una *rosca 1" x 24T* por la cual se sujeta la tuerca del juego de dirección (4). En el lado restante, en sus dos extremos, apoyan las piezas denominadas buje (7) que son las encargadas de fijar su posición, como se muestra en la siguiente imagen.

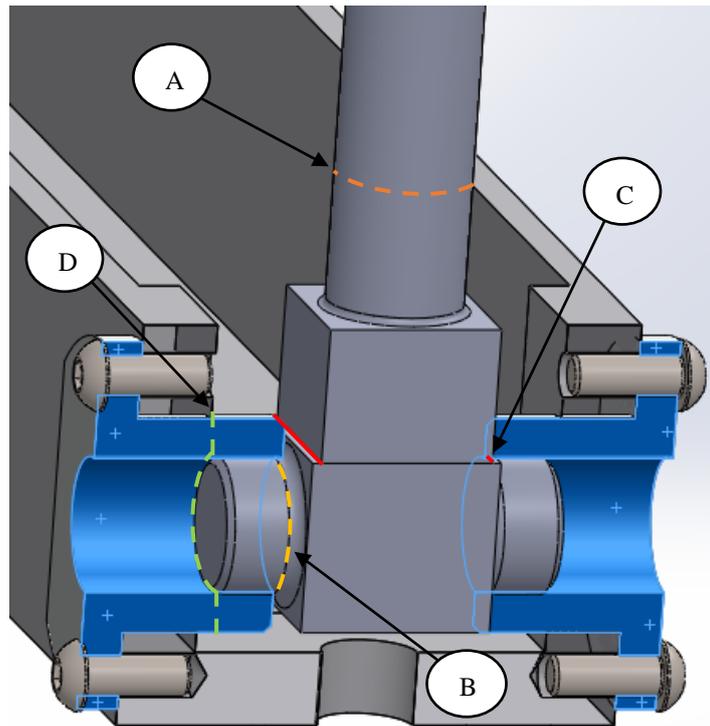


Imagen 51: Vinculo de la pieza bisagra con los demás componentes.

Análisis 1: Verificación de resistencia al corte en zonas de la sección que se indica en la *referencia B*, considerando el estado de carga expuesta en análisis anteriores de frenado violento y peso máximo.

Empleando la fórmula del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado:

$$v_f = v_0 + a \cdot t$$

Suponiendo velocidad inicial como la máxima ($v_0 = 25 \text{ km/h}$), la velocidad final como nula ($v_f = 0$) y considerando tiempo de frenado de 1 segundo, se obtiene la siguiente desaceleración:

$$a = -\frac{v_0}{t} = -\frac{6,94 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} = -6,94 \text{ m/s}^2$$

Considerando la masa propia del vehículo de 40 kg más la carga de un pasajero de 95 kg, la masa total valdrá 135kg obteniéndose una fuerza resultante de:

$$F = m \cdot a = 135 \text{ kg} \cdot 6,94 \text{ m/s}^2 = 936,9 \text{ N} = 95,5 \text{ kgf}$$

Fuerza total actuante:

$$F_T = \sqrt{F^2 + P^2} = \sqrt{(95,5 \text{ kgf})^2 + (125 \text{ kgf})^2} = 157,3 \text{ kgf}$$

Área resistente:

$$A = \frac{d^2}{4} \pi = \frac{2^2 \text{ cm}^2}{4} \pi = 3,14 \text{ cm}^2$$

Tensión tangencial generada:

$$\tau = \frac{F_C}{2 \cdot A} = \frac{157,3 \text{ kgf}}{2 \cdot 3,14 \text{ cm}^2} = 25 \text{ kg/cm}^2$$

Análisis 2: Verificación de resistencia a la tracción en zonas de la sección que se indica en la referencia A, considerando como estado de carga el peso máximo de usuario y el peso propio del vehículo aplicados totalmente sobre el alma de dicha pieza.

$$F = 95\text{kgf} + 40\text{kgf} = 135\text{kgf}$$

Área resistente:

$$A = \frac{(d^2 - d_0^2)}{4} \pi = \frac{(2,5^2 - 0,8^2)}{4} \text{cm}^2 \pi = 4,40\text{cm}^2$$

Tensión normal generada:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{135\text{kgf}}{4,40\text{cm}^2} = 30,68\text{kg/cm}^2$$

Vale aclarar, que, si bien las tensiones generadas son bajas tanto en el *análisis 1* como en el *análisis 2*, se considera conveniente respetar la robustez de la pieza con el fin de asegurarse su integridad y generar sobre el usuario la sensación de confianza.

Análisis 3: En esta instancia se procedió a verificar las **soldaduras** realizadas en la unión de la pieza bisagra como se indica en la referencia C, las cuales se consideran críticas para garantizar un funcionamiento óptimo y seguro del vehículo.

Vale mencionar que, los catetos de la soldadura en ángulo se consideran de igual longitud que el espesor de la chapa más delgada de la unión, es decir, $B = t$. Sin embargo, con el objetivo de prevenir la posibilidad de rotura en la sección peligrosa en las soldaduras en ángulo (garganta), se afecta al área y/o cateto de la soldadura por el coeficiente $S = 0,7$; además se deben tener en cuenta los defectos en la costura de soldadura, tanto en el inicio como en el final de la misma, considerando a su longitud real reducida en 2 veces el espesor de la chapa más delgada de la unión.

Las soldaduras realizadas son del tipo **soldadura en ángulo en unión a tope de piezas perpendiculares**, las soldaduras se calculan por sollicitación a corte.

A continuación, se muestran los cálculos realizados:

Garganta y Área resistente:

$$\text{Garganta} \rightarrow H = \frac{t * S}{\cos 45^\circ} = \frac{0,3 * 0,7}{\cos 45^\circ} = 0,29\text{cm}$$

$$\text{Area resistente} \rightarrow A = H * (P - 8t) = 0,29\text{cm} * (5,08 - 4 * 0,29)\text{cm} = 1,13\text{cm}^2$$

Verificación soldadura

Se determinó la fuerza máxima admisible para la costura de soldadura en base a la tensión admisible ζ_{adm} y el coeficiente de calculo $n = 2$.

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{89\text{kgf}}{1,13\text{cm}^2} = 78,8\text{kg/cm}^2$$

Verificación partes a unir

$$P_{adm\ PZA.} = A_{pza} \frac{\sigma_{fl}}{n} = (0,3\text{cm} * 2,54\text{cm} * 2) \frac{1478\text{kg/cm}^2}{2}$$

$$\boxed{P_{adm\ PZA.} = 1126\text{kg}} > F \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Se deduce que la soldadura realizada, bajo las condiciones de trabajo a la cual se encuentra expuesta verifica. Tanto en las partes a unir como en la costura de soldadura la carga admisible resulto ser de ningún conveniente.

Análisis 4: Verificación de resistencia al corte de la pieza buje (7) en zonas de la sección que se indica en la referencia D, considerando el estado de carga expuesta en *análisis 1*.

Área resistente:

$$A = \frac{(d^2 - d_0^2)}{4} \pi = \frac{(3,2^2 - 2^2)}{4} \pi = 4,9 \text{ cm}^2$$

Tensión tangencial generada:

$$\tau = \frac{F_C}{2.A} = \frac{157,3 \text{ kgf}}{2 * 4,9 \text{ cm}^2} = 16 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm}$$

Considerando un coeficiente de seguridad de $n = 2$, la tension tangencial generada resulta mucho menor a la tensión tangencial admisible, que vale:

$$\tau_{adm} = 0,5 * \frac{\sigma_R}{2} = 0,5 * \frac{795 \text{ kg/cm}^2}{2} = 198,75 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.5 Subconjunto Frente

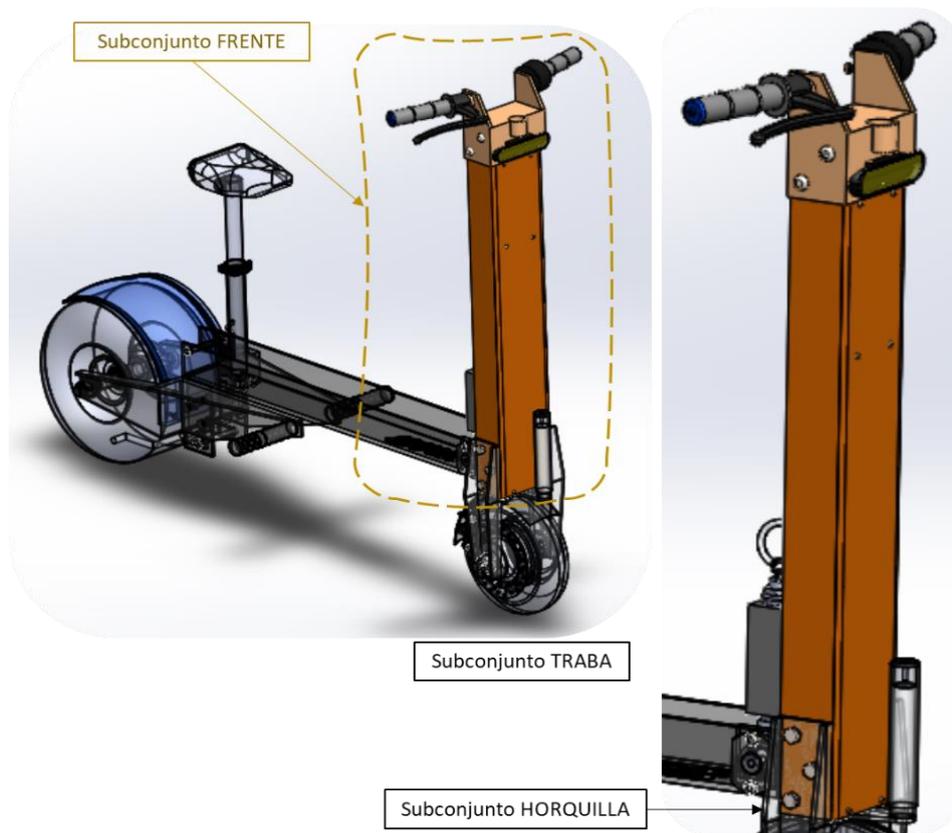
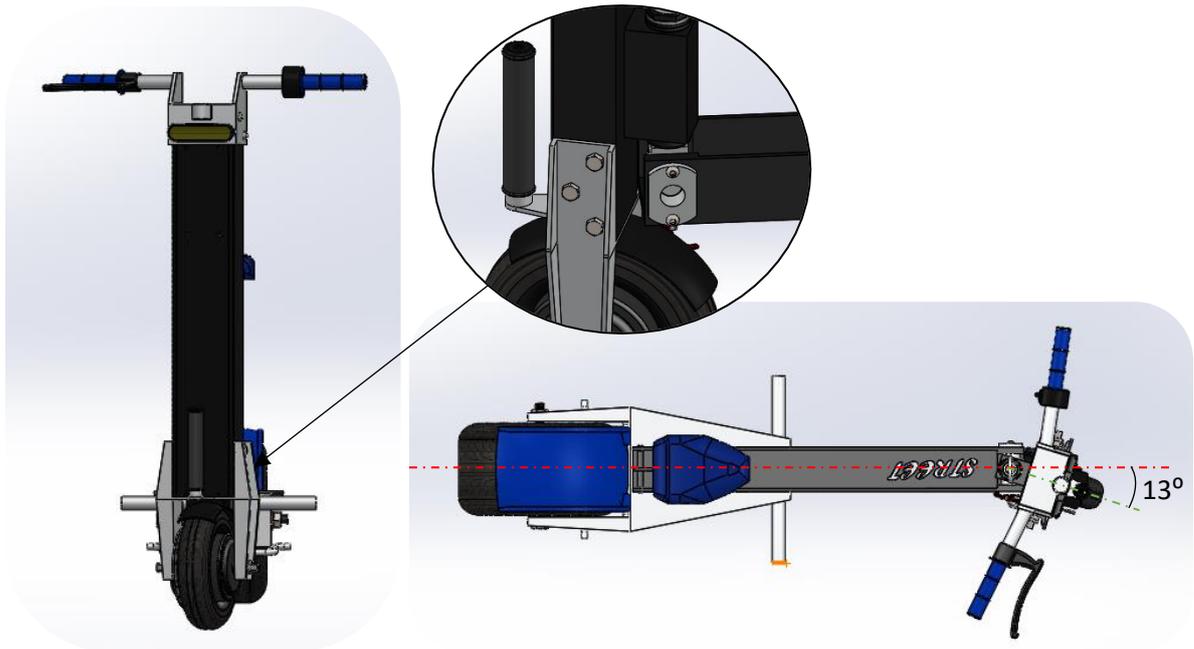


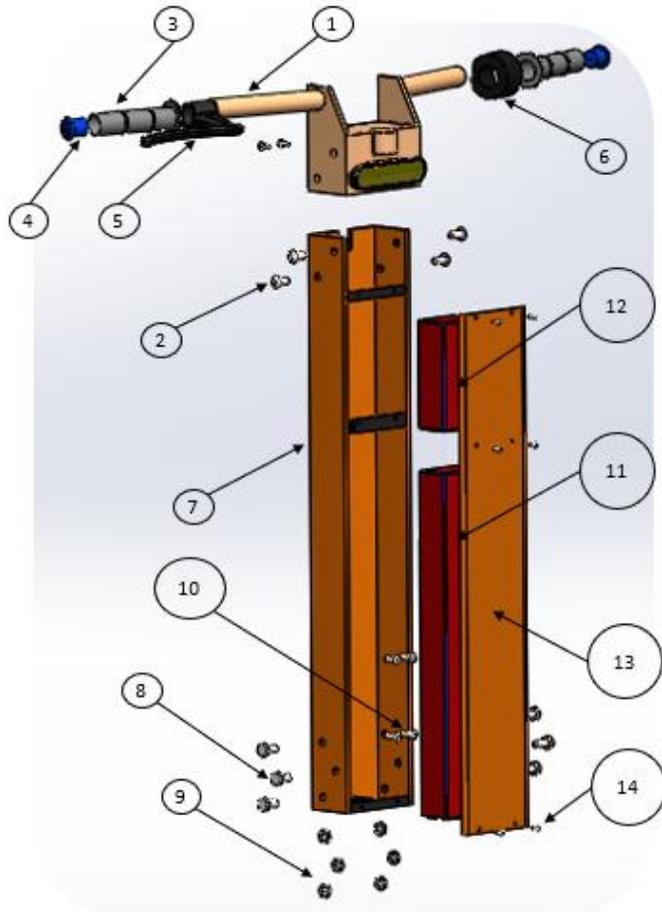
Imagen 52: Subconjunto FRENTE ubicación en VMP.

El subconjunto a desarrollar a continuación denominado *Frente*, se destaca principalmente por ser el eslabón a partir del cual el usuario puede dar movimiento al eje delantero, posibilitando de esta manera la conducción del vehículo. No obstante, en él se adicionan elementos auxiliares

que comunican las maniobras a realizar por el usuario, no solo al VMP, sino también al entorno externo, advirtiendo a los demás vehículos en tránsito los sucesos a ocurrir durante el manejo, como ser comandos eléctricos, iluminarias, accionamiento de freno, entre otros. Su buen diseño condiciona la seguridad, sencillez y facilidad de conducción del vehículo para el usuario.

Al momento de propinar la dirección deseada al vehículo este lo puede realizar con un ángulo de apertura máximo de 13° , y contemplando que se trata de un vehículo pequeño y ágil el usuario podría aumentar el direccionamiento brusco del vehículo, si así lo deseara, al inclinarse hasta unos 30° provocando que el contacto entre el neumático con el asfalto ya no sea en su centro lo que tiende a girar la dirección hacia el lado que se encuentra en contacto. Esta maniobra es un recurso muy común y seguro en todo tipo de vehículo de esta índole.





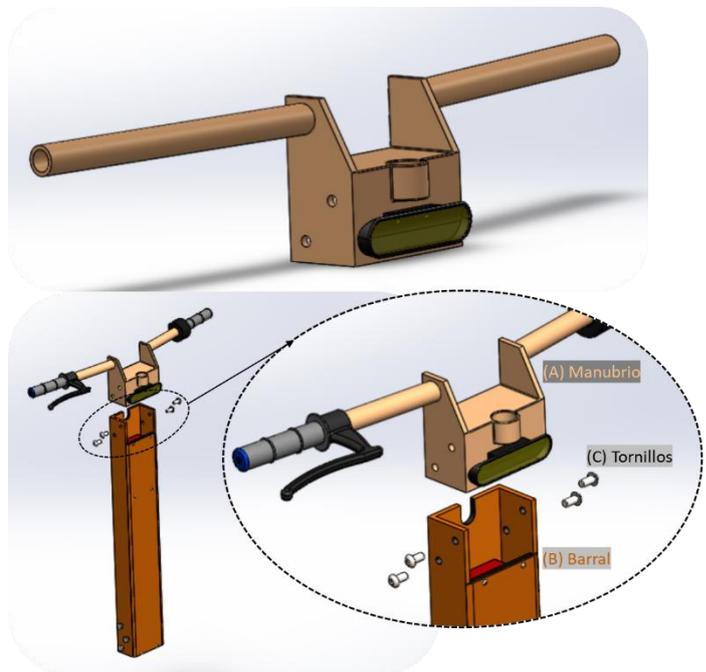
COMPONENTES SUB-CONJUNTO FRENTE	
DENOMINACION	CANT.
1- Manubrio	1
2- Tornillo	4
3- Manopla	2
4- Contrapeso	2
5- Comandos DER.	1
6- Comandos IZQ	1
7- Barral	1
8- Bulón	6
9- Tuerca	6
10- Tornillo	4
11- Batería Principal	1
12- Controlador - Modulo	1
13- Tapa	1
14- Tornillo	6

Imagen 53: Subconjunto FRENTE y sus componentes.

6.2.5.1 Manubrio

Representa la empuñadura completa en la cual se alojan los comandos del VMP que facilitan la anticipación de maniobras al entorno externo y permite al usuario controlar el movimiento de giro del eje delantero, logrando la conducción del vehículo. Su materialización se planteó por medio de una estructura resultante de la unión fija (soldadura) de diversas piezas de material *Aluminio 6061*. El manubrio (A) se vincula al Barral (B) a través de 4 tornillos allen cabeza botón M8x16 mm (C).

Partiendo desde un análisis ergonómico, a fin de garantizar una postura de conducción confortable hacia el usuario, en su diseño se contemplaron las medidas recomendadas, para las cuales, si bien no existe una reglamentación impuesta, debido a su larga trayectoria y difusión es posible algunas directrices que nos ayudarán a la hora de su diseño. Lo primero que debemos destacar en este punto es que la elección del manillar siempre



será una cuestión muy personal y subjetiva, basada sobre todo en la experiencia y los gustos personales del usuario.

Por un lado, este elemento es mucho más que un mero soporte del que agarrarse; actúa directamente sobre el comportamiento del vehículo. Un manillar es en realidad el brazo de la palanca que mueve el tren delantero: cuánto más largo sea menos fuerza exigirá, pero lo hará algo más lento e impreciso de reacciones. Lógicamente y sentido contrario, un manillar corto exigirá más fuerza de los brazos del conductor pero que el tren delantero sea más rápido y preciso. Es labor ingenieril encontrar el punto óptimo de relación entre la longitud del manillar y la del eje delantero. En base a nuestro *VMP*, de acuerdo a su utilización y especificaciones técnicas, recordando que el mismo permite ser plegado para su traslado y manipulación, lo más certero es la utilización de un manubrio de dimensiones por fuera del rango perteneciente a manillares convencionalmente cortos ($600 - 700 \text{ mm}$), adoptando como dimensión final el valor de **Anchura: $A = 500 \text{ mm}$** . Su elección se justifica por dos razones: menor espacio ocupado en posición de plegado, evitando sobresalientes excesivos que dificulten el manipuleo. Y, en segundo lugar, tras observaciones, el uso en general de manillares aún más cortos en vehículos comerciales difundidos de índole similar, no generando inconveniente alguno en la conducción respecto a sus características técnicas y campo de utilización.

En cuanto a la empuñadura propiamente dicha, o también llamadas punteras, se optó por un **Caño $\phi_{ext} = 22 \text{ mm} - \phi_{int} = 16 \text{ mm}$** , una longitud $l_p = 193 \text{ mm}$ y una curvatura $C = 30 \text{ mm}$ que colabora en mantener los brazos y muñecas alineados, brindando mayor confortabilidad. Sin importar las dimensiones de las punteras, normalmente se materializan de diámetro 22 mm para facilitar la compatibilidad de accesorios existentes en el mercado.

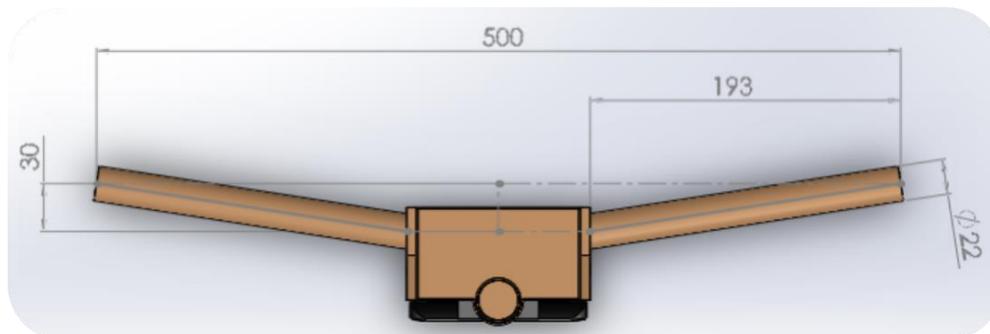


Imagen 54: Manubrio - Dimensiones.

Para concretar la validación del modelo propuesto, con la asistencia del software de diseño “*SolidWorks 2018*” se realizó la verificación, por el método de elementos finitos, de las tensiones generadas en el elemento. Para ello se consideró la situación en la que el usuario realiza un frenado violento con el equipo y la carga es trasladada, en su totalidad a las punteras del manubrio. A saber, el estado de carga considerado es: $F_v = 95,5 \text{ kgf} \rightarrow \text{frenado violento}$.

Modelizada la pieza, tras la activación del complemento “*Simulation*” del software, se aplicaron las simplificaciones válidas, dado que el Software, al utilizar la operación *Miembro Estructural*, por defecto considera los elementos como Viga-Barra, imposibilitando la aplicación de fuerzas sobre aristas o caras. Por lo tanto, se modificó la definición de material y se utilizó la discretización como elemento Solido, ya que se consideró la más apropiada (y completa) para el caso en cuestión.

Seguidamente, se aplicaron las condiciones de borde. Dado que el manubrio se sujeta al barral a través de tornillos, se consideró a la superficie interna de los agujeros, que alojan los tornillos, como vinculaciones fijas. Por otra parte, la carga se aplicó sobre la superficie que

conforman las punteras del manubrio en dirección perpendicular al eje del manubrio, orientada hacia adelante del VMP. Además, se configuro el contacto entre componentes, estableciendo una unión rígida (soldadura).

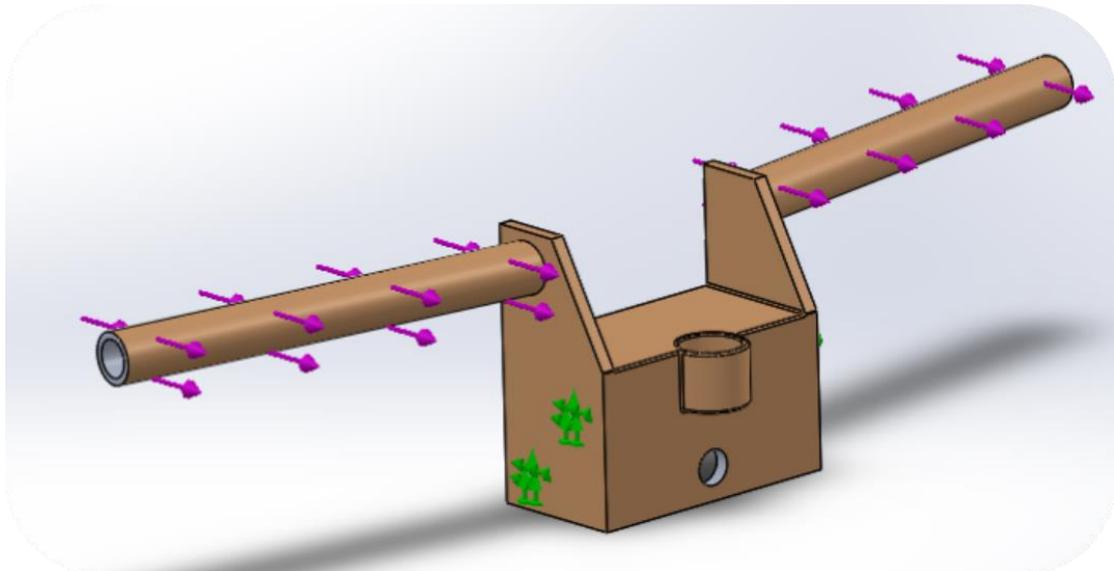


Imagen 55: Manubrio Análisis estático 1. Carga actuante (Violeta) – Condiciones de vínculo (Verde).

En cuanto a la discretización de la pieza en estudio, por tratarse de un elemento sólido e implementar malla de calidad (y no malla borrador) por defecto el software genera elementos sólidos tetraédricos parabólicos, de segundo orden. Estos para igual densidad de malla, brindan mejores resultados que los elementos lineales utilizados en mallas de discretización calidad borrador, representando los contornos curvos con mayor precisión, produciendo mejores aproximaciones matemáticas, y por ende resultados más certeros. Sin embargo, requieren mayores recursos computacionales, no siendo inconveniente ante la geometría y tamaño de la pieza en estudio. Para mejorar la precisión de los resultados se ha mejorado el refinamiento en las zonas más comprometidas, como ser aquellas con posible presencia de concentradores de tensiones.

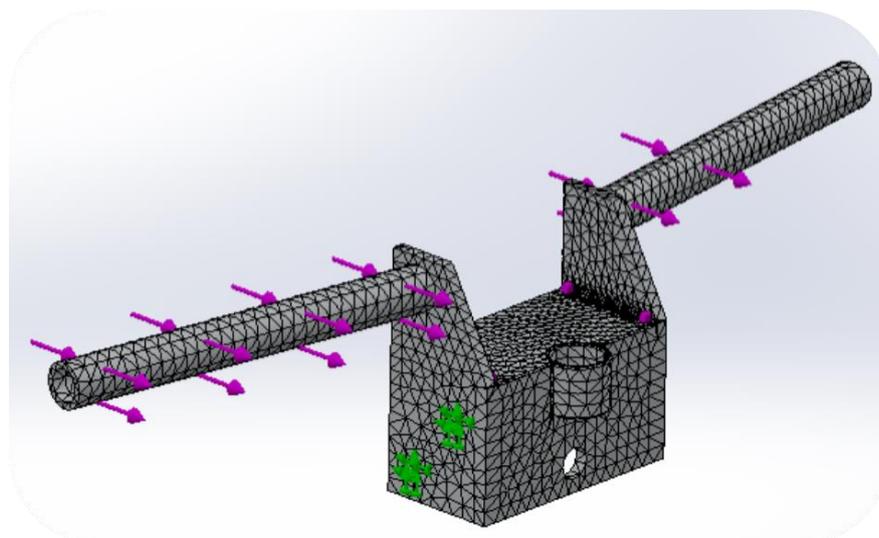


Imagen 56: Manubrio Análisis estático 1. Malla discretización. Notar refinamiento de malla en zona crítica (posible concentrador de tensiones)

Finalmente, luego de definir las propiedades del material como las de un *Aluminio 6061 (T4)* se corre el estudio: los resultados obtenidos se presentan a continuación (se muestran tensiones de Von Mises por considerarse esta hipótesis aplicable a materiales dúctiles).

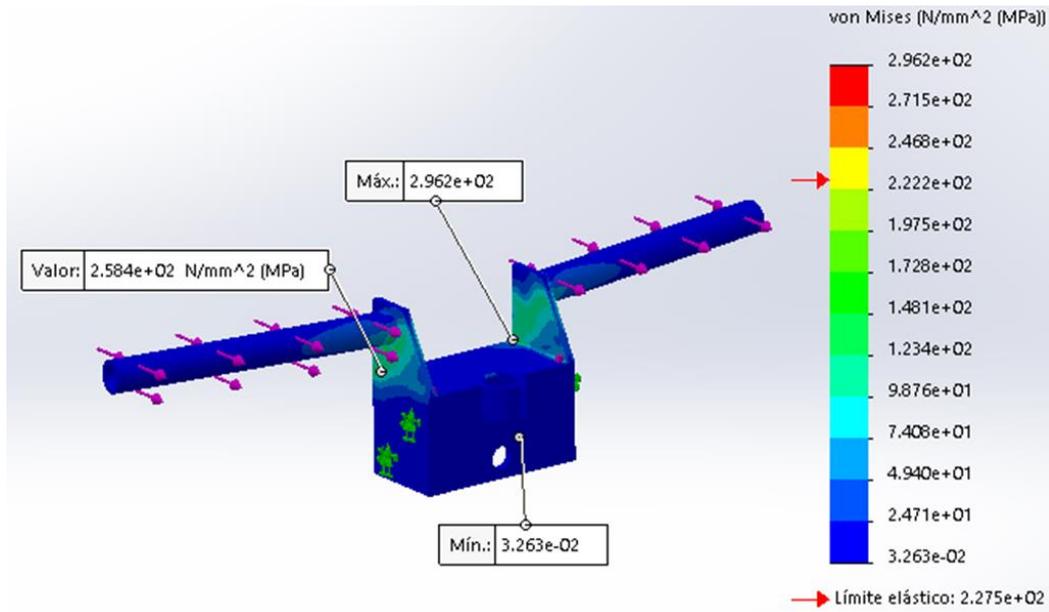


Imagen 57: Manubrio Análisis estático 1. Magnitud de tensiones *Von Mises*.

Como se puede apreciar, analizando los resultados obtenidos, en la mayor parte del elemento las tensiones son aceptables siendo de valores próximos a la tensión admisible del material, que recordemos desde un principio se optó por un criterio conservador. Por otra parte, vale mencionar que el pico de tensiones se produce en el pliegue constructivo en la parte superior del manubrio, de valor $\sigma_{1\ max} \cong 296\ MPa$, a ambos lados, lo que corresponde a un concentrador de tensiones. Fenómeno producido por cambios súbitos de geometría, en donde la tensión local es significativamente mayor, excediendo el límite del material a pesar de que la tensión media se encuentra por debajo del límite resistente. De esta manera, se valoriza el control de mallado aplicado en dicha zona, a fin de mejorar en los resultados arrojados.

A continuación, se reitera el análisis, con el fin de reducir y/o eliminar el concentrador de tensiones producido en la zona de pliegue, para lo cual se incrementa el radio de acuerdo utilizado, facilitando la distribución uniforme de los esfuerzos.

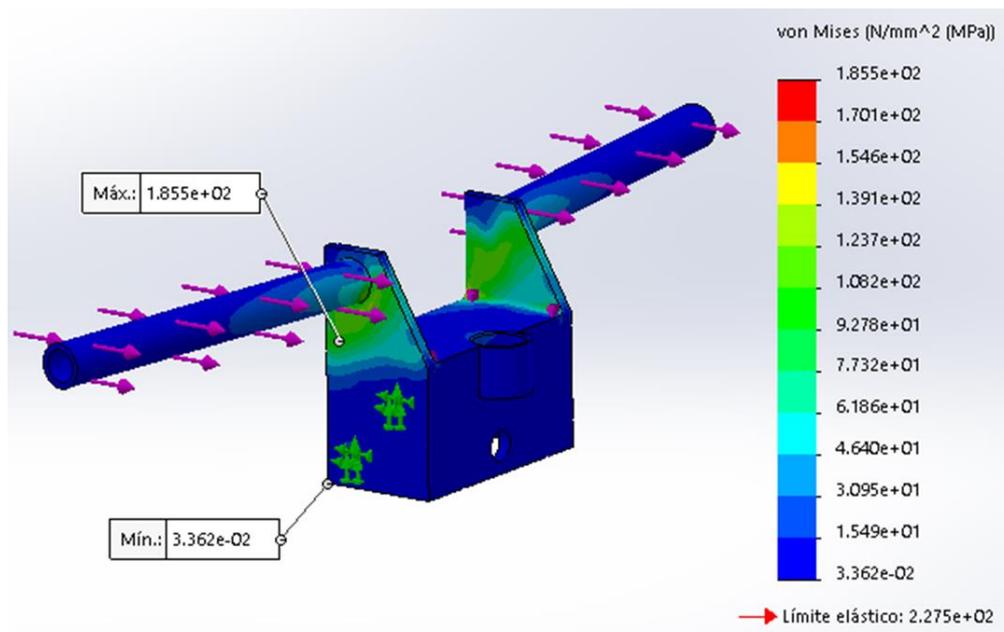


Imagen 58: Manubrio Análisis estático 2 – Incremento radio de acuerdo. Magnitud de tensiones *Von Mises*.

En esta oportunidad, observando la imagen anterior, vemos como la acción de incrementar el radio de acuerdo afecto positivamente en la distribución de esfuerzos sobre el elemento. El pico máximo de tensión, si bien continúa produciéndose en la misma zona (cambio de geometría, pliegue parte superior) su valor $\sigma_{2\ max} \cong 185\ MPa$ se redujo notablemente, siendo menor que el límite del material.

Sin embargo, bajo un criterio conservador, y a fin de disminuir el valor medio de la tensión producida en el elemento, se propuso modificar su diseño. Para ello, se añade un “Barral central” que continua la trayectoria de las punteras, uniendo las mismas, aportando mayor resistencia al elemento, y bajo un aspecto estético mejorando su apariencia.

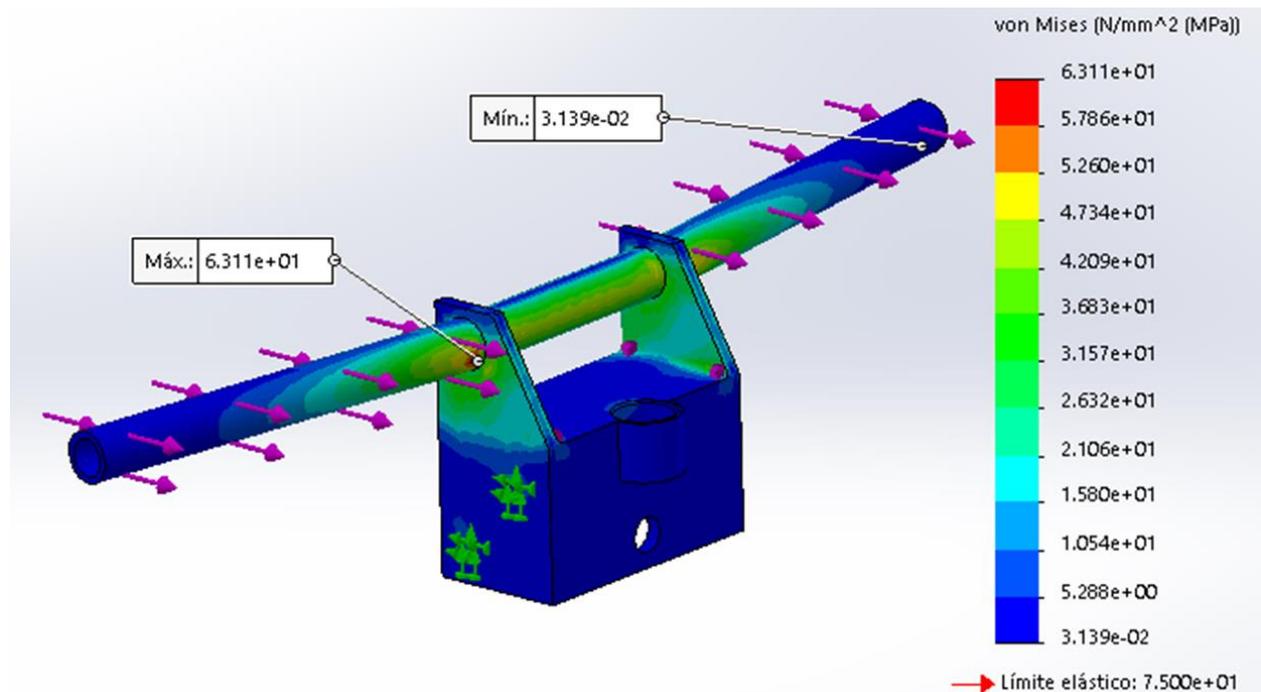


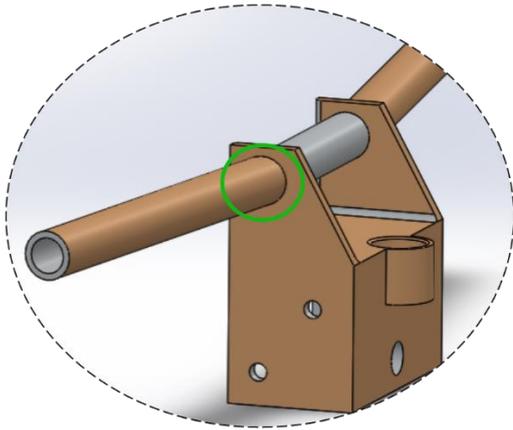
Imagen 59: Manubrio Análisis estático 3 – Incorporación Barra central. Magnitud de tensiones *Von Mises*.

Tras este último estudio, como se puede notar, los resultados son fructíferos, siendo el valor de la tensión máxima $\sigma_{3\ max} \cong 63\ MPa$ producida en el elemento menor a la tensión admisible $\sigma_{adm} \cong 73\ MPa$, verificando su diseño. Por otro lado, se puede apreciar la ausencia de concentradores de tensiones. Por lo tanto, queda definido el diseño del manubrio con la incorporación del barral central de aquí en adelante.

Para culminar la validación del diseño, contemplando la zona en la cual se produce el pico máximo de tensión (Véase *Imagen 59 Manubrio – Análisis estático 3*) se procedió a verificar la unión soldada entre las punteras y el “armazón”.

Verificación unión soldada:

La soldadura analizada corresponde a una soldadura en ángulo en unión a tope de placas perpendiculares, la cual se calcula por solicitación a corte considerando la fuerza $F_v = 95,5\ kgf \rightarrow$ frenado violento. Siendo que los catetos de la soldadura en ángulo se consideran de igual longitud que el espesor de la chapa más delgada de la unión, es decir, $e = C$. Por otro lado, con el objetivo de prevenir la posibilidad de rotura en la sección peligrosa en las soldaduras en ángulo (garganta), se afecta al área y/o cateto de la soldadura por el coeficiente $S = 0,7$; además se deben tener en cuenta los defectos en la costura de soldadura, tanto en el inicio como en el final de la misma, considerando a su longitud real reducida en 2 veces el espesor de la chapa más delgada de la unión.



DATOS		
Carga actuante:	$F_v = 95,5 \text{ kg}$	
Material Aporte:	AL6061	$\sigma_{fl} = 739 \text{ kg/cm}^2$
Material Pieza:		$\zeta_{adm} = 369,5 \text{ kg/cm}^2$
Espesor más delgado:	$t = 6 \text{ mm}$	
Perímetro:	$P = 69 \text{ mm}$	
Área pieza:	$A_{pza} = 1,8 \text{ cm}^2$	
Coefficiente por defectos:	$S = 0.7$	

Imagen 60: Soldadura Puntera manubrio – Armazón central manubrio.

A continuación, se muestran los cálculos realizados.

Garganta y Área resistente:

$$\text{Garganta} \rightarrow H = \frac{t * S}{\cos 45^\circ} = \frac{0,6 * 0,7}{\cos 45^\circ} = 0,6 \text{ cm}$$

$$\text{Area resistente} \rightarrow A = H * (P - 2t) = 0,6 * (6,9 - 2 * 0,6) = 3,42 \text{ cm}^2$$

Verificación soldadura

Se determinó la fuerza máxima admisible para la costura de soldadura en base a la tensión admisible ζ_{adm} y el coeficiente de calculo $n = 2$.

$$\Rightarrow P_{adm \text{ SOLD.}} = A \frac{\zeta_{adm}}{n} = 3,42 \text{ cm}^2 * \frac{369,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$\boxed{P_{adm \text{ SOLD.}} = 631,84 \text{ kg}} > F_v \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Verificación partes a unir

$$\Rightarrow P_{adm \text{ PZA.}} = A_{pza} \frac{\sigma_{fl}}{n} = 1,8 \text{ cm}^2 * \frac{739 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$\boxed{P_{adm \text{ PZA.}} = 665,10 \text{ kg}} > F_v \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Tras concluir los cálculos e interpretando los mismos, es posible garantizar que la soldadura a efectuar es segura para la estructura, sin posibilidad de riesgo alguno.

Finalmente, completando la descripción del elemento *Manubrio*, vale mencionar y resaltar la utilidad del orificio ubicado en la parte superior de la zona central.

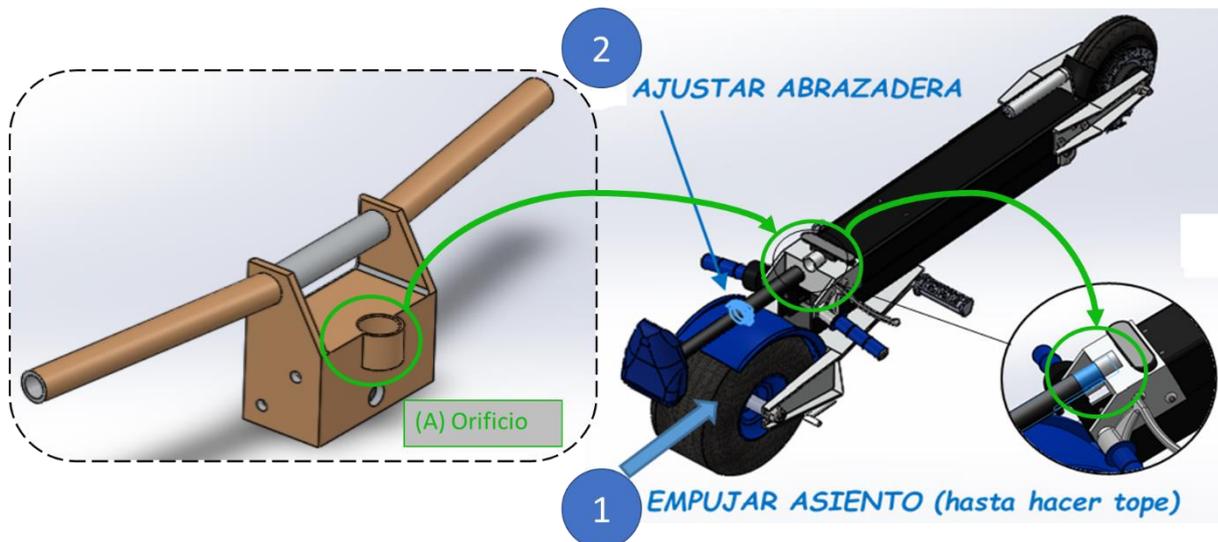


Imagen 61: Orificio central superior Manubrio – Funcionalidad.

En posición plegado del VMP, el asiento debe introducirse en el orificio central superior del manubrio hasta hacer tope, evitando su desplazamiento al bloquear el collarín de cierre rápido, gracias a la restricción que genera dicho orificio, motivo de su presencia.

6.2.5.2 Manoplas

Elemento estándar de goma, utilizado para brindar un mejor agarre al usuario evitando el deslizamiento de sus manos durante la conducción, causando sensación de seguridad y confortabilidad. Las manoplas se montan a las punteras del manubrio mediante presión manual (o en caso de ser necesario suaves golpes), utilizando algún líquido lubricante a fin de facilitar la operación de montaje.

Existen múltiples variedades de este elemento en el mercado, sin embargo, para evitar una elección decepcionante e incompatibilidades hay ciertos aspectos a considerar. De acuerdo a nuestro VMP optaremos por un juego de manoplas convencionales *sin caña de gas* por ausencia de este mecanismo. En cuanto al final de sus extremos, estos serán *abiertos*, permitiendo la incorporación de contrapesos en las punteras del manubrio. Como se mencionó anteriormente *dimensionalmente* el manubrio se materializó de $\varnothing_{ext} 22mm$ para facilitar la compatibilidad, todas las manoplas poseen esa dimensión. Por último, los *aspectos estéticos*, como ser textura (rugosidad y diseño de la goma), colores, detalles inscriptos, se instalarán aquellos que más se adecuen al estilo del VMP, generando un aspecto visual armonioso.



Imagen 62: Manoplas estándar.

Vale mencionar, que el usuario podrá realizar el reemplazo de manoplas, según gustos personales y particulares sin inconveniente alguno garantizando la compatibilidad con la infinita gama de productos existentes en el mercado.

6.2.5.3 Contrapesos

Piezas que se vinculan a los extremos del manillar, y que además de aportar estética visual y evitar el ingreso de suciedad, proporcionan estabilidad en la conducción. La incorporación de una pequeña masa en los extremos del manubrio, por más pequeña que parezca, colabora a evitar el efecto de temblor en los manillares, eliminando o reduciendo en gran medida los movimientos bruscos que puedan producirse por efecto del viento e irregularidades del terreno. Recordemos además que el ancho corto del manubrio por cuestiones particulares y propias del uso del VMP, contemplando ausencia de reglamentaciones en cuanto a dimensiones, incrementa la sensibilidad ante eventuales movimientos bruscos. Por tal motivo es que se decidió hacer uso de ellos.



6.2.5.4 Comandos Derechos

En este apartado hacemos referencia a los mandos que se alojan sobre la empuñadura derecha del manubrio, y hacen posible el proceso de conducción. Por otro lado, permiten controlar ciertos aspectos del VMP, como ser encendido/apagado y estado de luces, en caso de poseer dichas funciones, dependientes del tipo de controlador y display (o pantalla) a utilizar. Puede darse el caso que el on/off del VMP se realice directamente desde el display alojado en la zona central del manubrio y/o desde el acelerador, al igual que las luces. O, es posible que no exista la posibilidad de inhabilitar las luces, encendiendo estas por defecto al poner el VMP en modo ON, análogo al funcionamiento de los moto vehículos actuales.

Se describirán aquellos mandos indispensables que cualquiera sea el caso se encuentran presentes a la derecha del manubrio.

Acelerador:

Accionamiento mediante el cual se controla la velocidad del VMP. Tras indagar las variantes existentes en el mercado teniendo en cuenta puntos determinantes como la ergonomía, comodidad y seguridad al momento de realizar la aceleración del VMP se optó por utilizar un **acelerador de gatillo de efecto hall**. Conformado a partir de material plástico ABS de primera calidad, firme y duradero.

Este componente podría reunir la posibilidad de incorporar un botón on/off tanto para el motor del VMP, como para las luces, según sea la situación mercantil del momento.



Palanca de Freno:

En cuanto al accionamiento del freno, por un lado, el freno mecánico, accionamiento del caliper, se realizará a través de cable a partir de una manija dispuesta en el manubrio, análogo a una bicicleta. Sin embargo, la particularidad es que la manija cuenta con un sensor de efecto hall, equivalente al integrado en el acelerador seleccionado anteriormente. La función de este radica en activar el freno eléctrico (el freno motor) según la posición de la palanca de freno. El rango de activación del freno eléctrico respecto a la posición de la manija puede



modificarse, de esta manera es posible que, si la palanca es pulsada de forma ligera, en la primera parte de su recorrido solo actúa el freno motor sin activarse el sensor. Una vez apretada por completo la palanca actúa el freno mecánico.

Por otro lado, siempre y cuando el controlador y motor sean compatibles, existe la posibilidad de incorporar el sistema *ABS (Anti-lock Braking System)* lo que proporciona un mayor grado de seguridad en la conducción evitando el detenimiento inmediato de las ruedas, haciéndolo progresivamente impidiendo el auto derrape. Como así también el sistema de frenado regenerativo, lo que brinda al *VMP* una mayor autonomía, permitiendo la transformación de la energía cinética al frenar en energía eléctrica que autoabastece a la batería.

Nota: Para mayores detalles en cuanto a las selecciones efectuadas en esta sección, véase **Anexo C – Elementos Electrónicos**.

6.2.5.5 Comandos Izquierdos

En la parte izquierda del manubrio se decidió incorporar un comando eléctrico integrado que permite el manejo de: control de luz (alternancia entre luz alta/baja), luces direccionales o de giro y claxon o bocina. A partir de estos mandos se comunica al entorno exterior las maniobras a realizar durante la conducción, anticipando las mismas haciendo el tránsito más seguro y fluido.

Se optó montarlos del lado izquierdo por cuestiones de hábito para el usuario, ya que comúnmente vehículos de otra índole, como ser motocicletas utilizan este tipo de configuración para sus mandos.

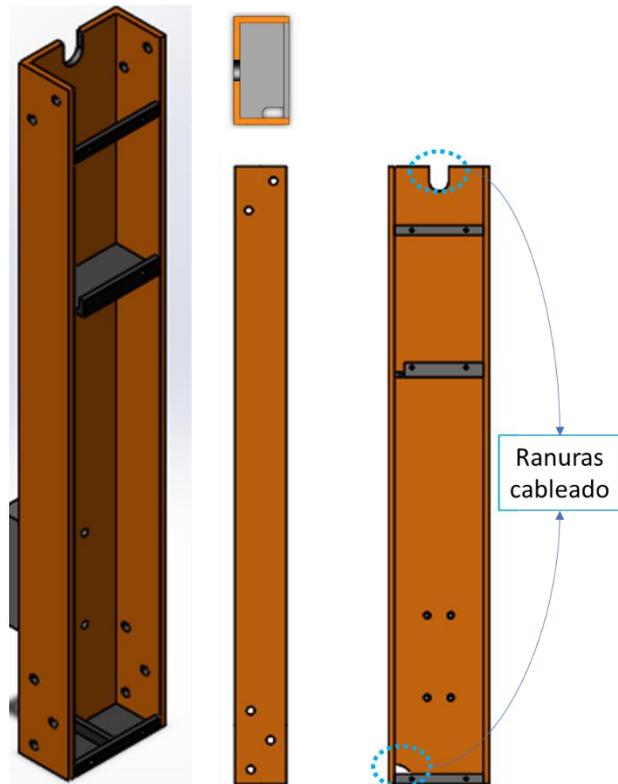


6.2.5.6 Barral

Pieza fundamental dentro del subconjunto frente, conformada a partir de un *Perfil U (Alas desiguales) – MPN068 – 102x52x6 mm de Aluminio 6061* provisto por la empresa *Aluar*, de longitud $l = 630\text{mm}$, con un peso aproximado de 2 kg .

En la parte superior e inferior sobre el alma del perfil U se generaron ranuras para permitir la conexión (cableado) de los elementos electrónicos. En el interior del barral descansan la batería y el controlador del *VMP* de manera tal que permanecen protegidos de agentes externos (rayos ultravioletas, suciedad, polvos, entre otros).

Se vincula a el subconjunto traba a través de 4 tornillos allen cabeza botón $M6x16\text{ mm}$ ubicados en el alma por su parte interna. Por otro lado, a través de 6 bulones $M8x16\text{mm}$ con sus respectivas tuercas ubicados en la parte inferior sobre la cara externa de las alas, se vincula al subconjunto horquilla. De esta manera el movimiento de giro provocado por el usuario a través de sus manos



sobre el manubrio, se traslada al eje delantero del vehículo, moviendo la rueda y por ende direccionando el VMP.

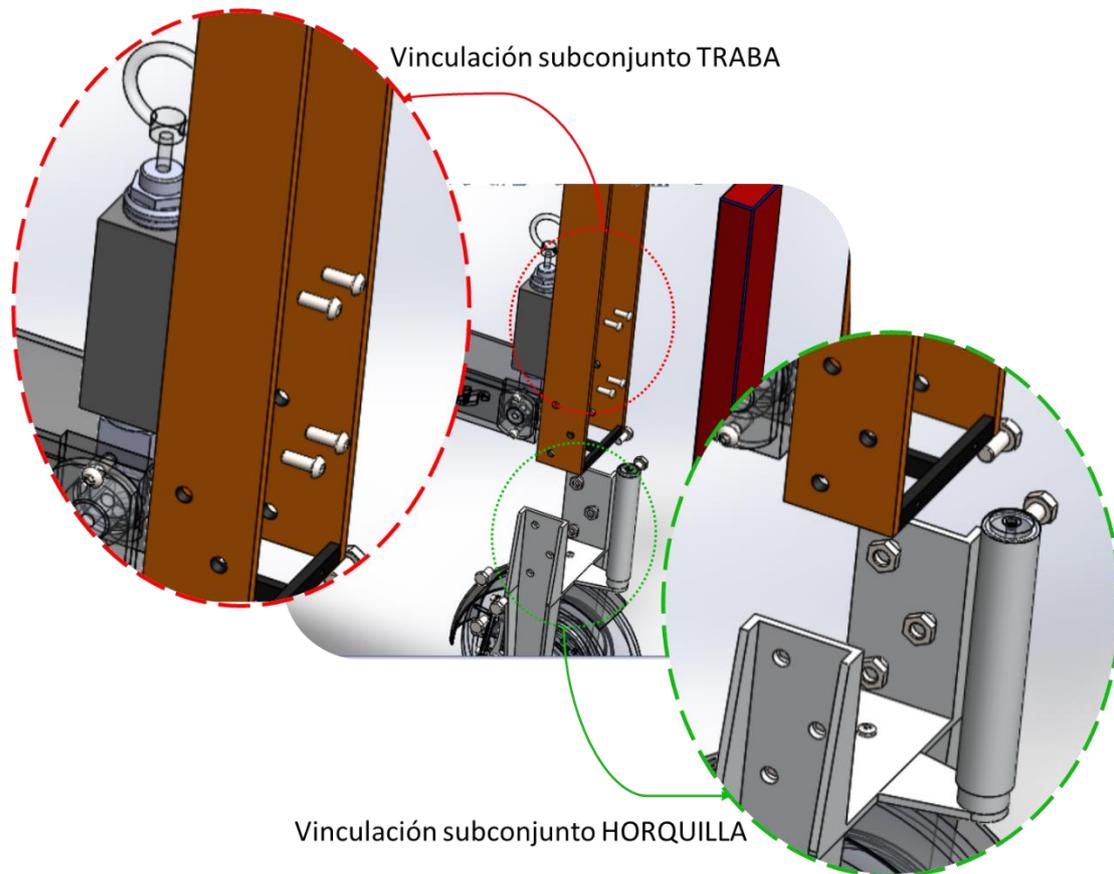


Imagen 63: Barral y su vinculación con subconjuntos adyacentes.

Las verificaciones pertinentes a ambas vinculaciones mencionadas se analizaron en los apartados correspondientes de cada subconjunto adyacente.

Vale mencionar que gracias a la elevada conductividad térmica del material Aluminio 6061, que conforma el Barral, por su gran capacidad térmica para transferir y disipar el calor, no requiere de ranuras y/o el diseño de geometrías de ventilación, evacuando satisfactoriamente el calor generado por los componentes electrónicos resguardados en su interior, que se encuentran en contacto con la superficie del alma del perfil. A saber, el valor de conductividad térmica del aluminio 6061 ronda los 167 W/mK . Otro punto a tener en cuenta, es que la batería cuenta con un disipador integrado periférico que actúa como disipador de calor, además de tener protección y función antivibración, anticaída y anti impacto.

Tras indagar, *Manly* una empresa dedicada a la fabricación de baterías de iones de litio realizaron estudios térmicos en baterías de iones de litio de 55Ah de forma prismática, teniendo en cuenta distintos puntos de medición de temperatura hallando la producción de calor en cada uno de ellos bajo diferentes situaciones de carga/descarga, y analizar la distribución de temperatura dentro del paquete de batería. Llegando a la conclusión que la región de temperatura más alta se concentra en la región central del paquete de baterías, y que es probable que el flujo de aire pase por la parte superior del paquete de baterías cuando se utiliza este método (enfriamiento por aire) lo que resulta en un método de enfriamiento defectuoso, descartando dicha opción.

Por otro lado, en primer lugar, se ha priorizado garantizar la estanqueidad de los componentes evitando aberturas, asegurando de todos modos la disipación del calor a través del material utilizado. Sin embargo, al estar ubicados en la parte frontal del vehículo, la corriente de aire de pequeña magnitud, por más mínima que sea, impacta directamente sobre la zona donde los componentes electrónicos se encuentran alojados. A diferencia de vehículos de índole similar que además de no aprovechar la corriente de aire como refrigeración resguardan los mismo en habitáculos de material plástico.

Para finalizar la validación de resistencia del componente *Barral* se procedió a ejecutar un estudio estático haciendo uso del software *SolidWorks 2018*. Para ello, se simuló por medio de un ensamblaje la vinculación entre el *Barral* y el *Manubrio* materializada por medio de 4 tornillos allen cabeza botón *M8x16 mm*.

El estado de carga al que se ve sometido el *Barral*, componente en estudio, está directamente relacionado con la fuerza generada debido a la situación de frenado violento ($F_v = 95,5 \text{ kgf} \rightarrow \text{frenado violento}$) **actuante sobre** la superficie que conforman las punteras del manubrio en dirección perpendicular al eje del manubrio, orientada hacia adelante del *VMP*. Motivo por el cual se ejecutó el estudio contemplando ambos componentes y su respectiva vinculación.

Mencionado lo anterior, se debió configurar el contacto entre componentes, estableciendo un contacto global rígido sin penetración y una conexión "*Perno*" entre componentes seleccionando las aristas de taladro de la cabeza del perno y la tuerca, para cada uno de los 4 tornillos. A partir de esta opción de conector el software simula, modela e interpreta una unión roscada real.

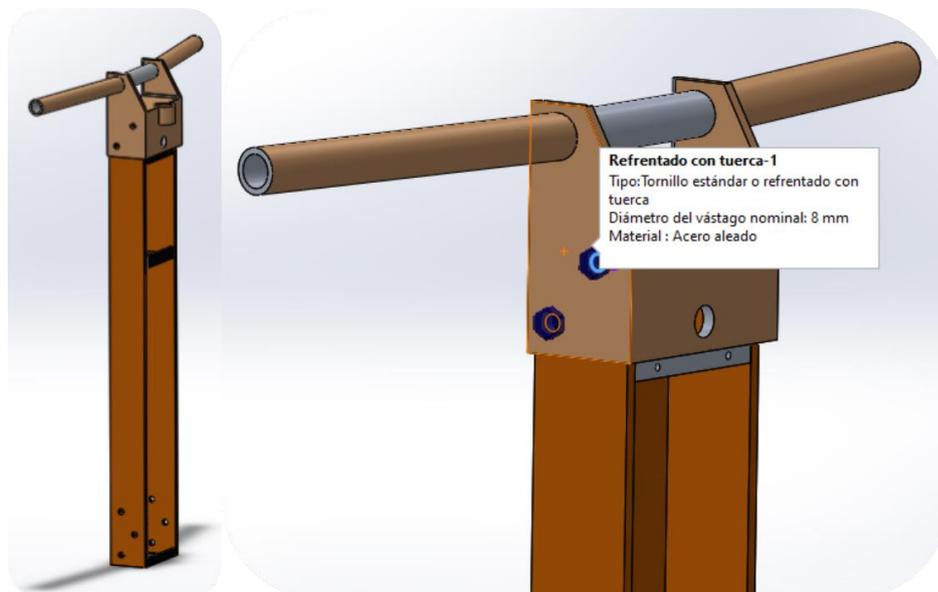


Imagen 64: Barral Análisis estático 1. Conexión componentes Barral - Manubrio.

Seguidamente se cargó el estado de carga de forma equivalente al utilizado durante el análisis estático del manubrio. En cuanto a las vinculaciones de borde considerando a la superficie interna de los agujeros, que alojan los tornillos de vinculación con el *subconjunto Traba* como vinculaciones fijas.

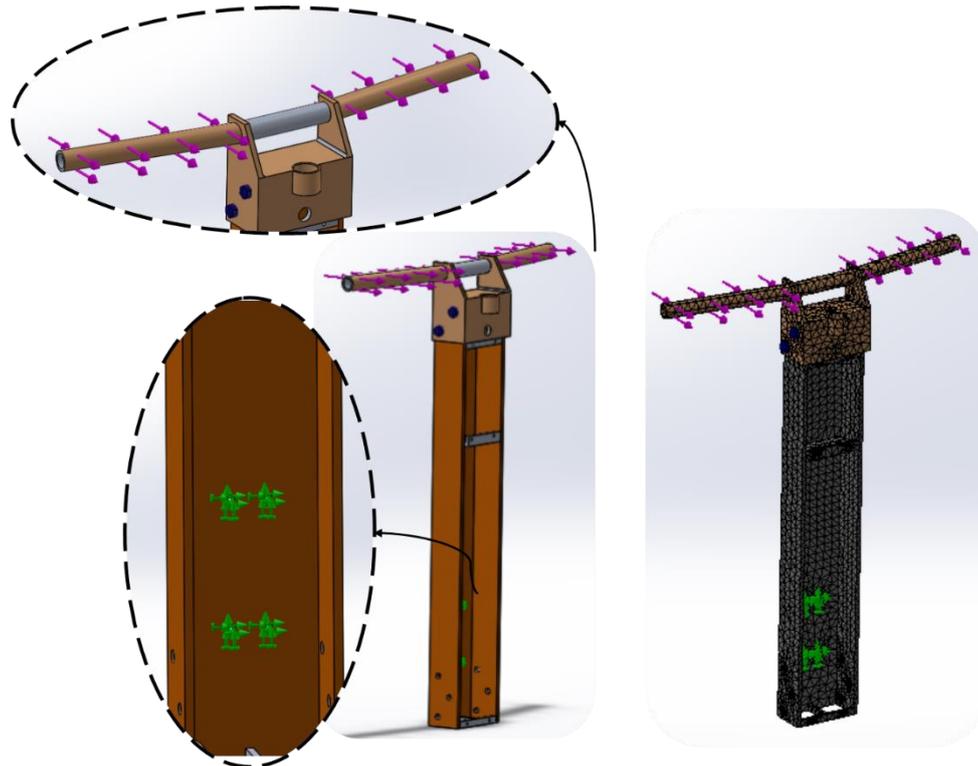


Imagen 65: Barral Análisis estático 1. Carga actuante (*Violeta*) – Condiciones de vinculo (*Verde*). Malla de discretización a la derecha.

Luego, se ejecutó la malla de discretización del conjunto en estudio (*Imagen 65*), que por tratarse de elementos sólidos (definición previamente configurada) por defecto el software genera elementos sólidos tetraédricos parabólicos, de segundo orden, arrojando resultados de mayor precisión, adecuados para el análisis en cuestión sin generar inconveniente alguno respecto a consumo de recursos computacionales.

Tras definir las propiedades del material como las de un Aluminio 6061 T4 (SS) se corre el estudio: los resultados obtenidos se presentan a continuación (se muestran tensiones de Von Mises por considerarse esta hipótesis aplicable a materiales dúctiles):

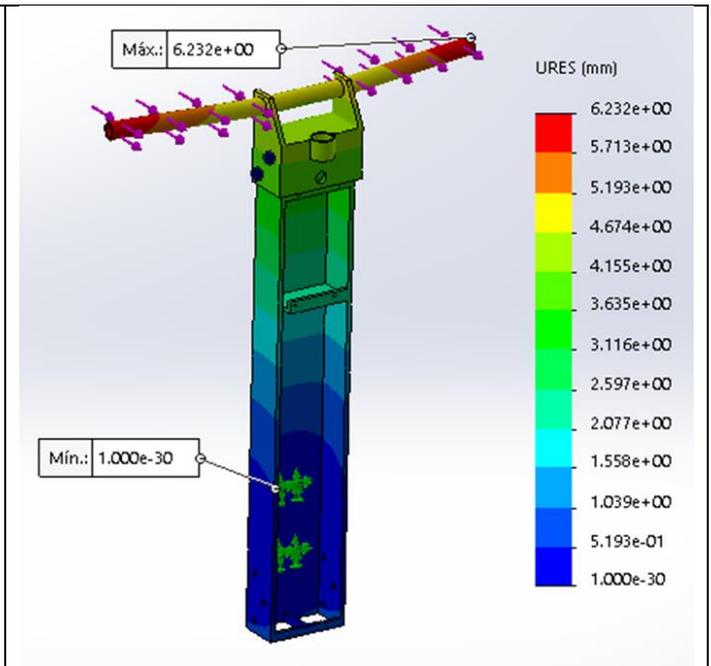
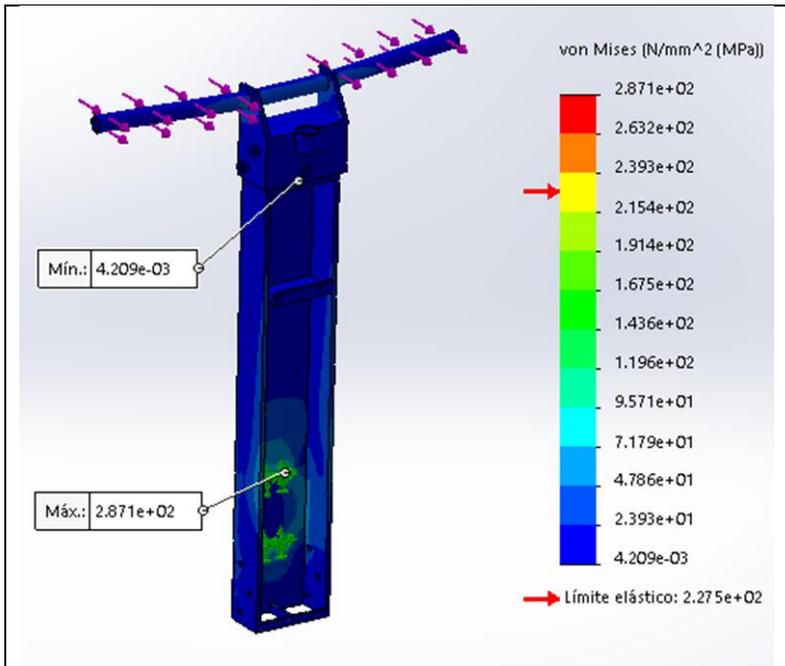


Imagen 66: Barral Análisis estático 1 – Magnitud de tensiones Von Mises.

Imagen 67: Barral Análisis estático 1. Magnitud de desplazamientos resultantes.

Como se puede apreciar, analizando los resultados obtenidos, en la mayor parte del elemento las tensiones son aceptables (50 MPa aproximadamente), encontrándose la tensión media por debajo del límite de cálculo ($\sigma_{adm} \cong 73 \text{ MPa}$), que recordemos desde un principio se optó por un criterio conservador. De esta manera, la resistencia del sistema *Barral – Manubrio* verifica correctamente a los esfuerzos solicitados.

Por otra parte, vale mencionar que el pico de tensiones que se produce en la fibra más solicitada de la cara interna del orificio de vinculación con un valor de $\sigma_{max} = 287 \text{ MPa}$, en donde la tensión local es excesivamente mayor, excediendo el límite del material a pesar de que la tensión media se encuentra por debajo del límite resistente, corresponde a una anomalía (“concentrador de tensiones”) del software que se produce por efecto de la discretización (*Imagen 68*): el cálculo obliga al modelo a respetar la condición de borde (inamovilidad del lado soldado) de forma perfecta, por lo que no debe considerarse como un concentrador real. En otras palabras, no debe considerarse comprometido el modelo por las tensiones excesivas alcanzadas en estos puntos locales.

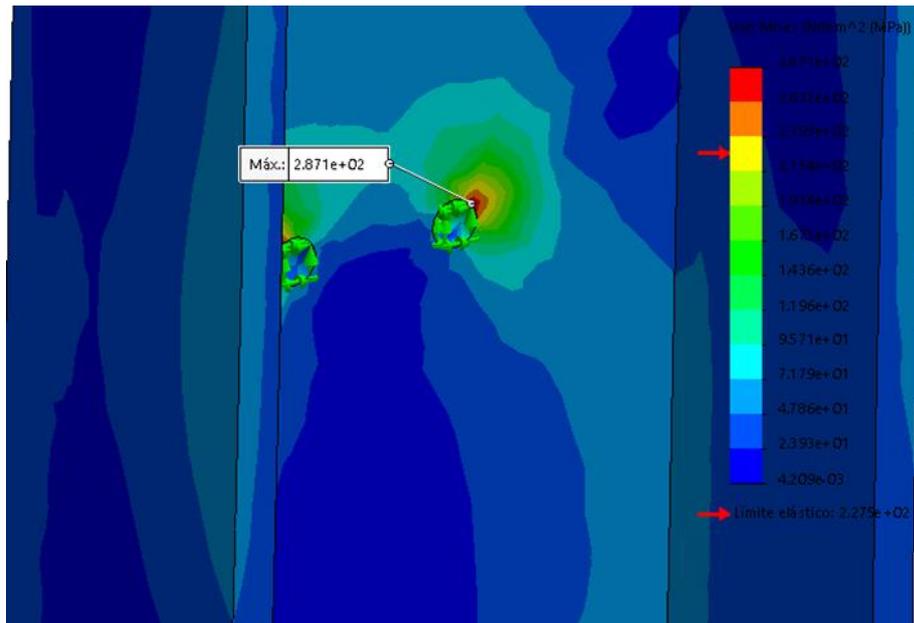


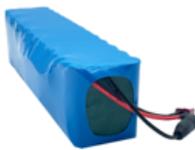
Imagen 68: Barral Análisis estático 1. Anomalía software – tensión local excesiva.

6.2.5.7 Batería

Constituye uno de los elementos principales del *VMP*, esta suministra la energía necesaria absorbida por el motor, para así efectuar el movimiento del vehículo.

A partir de la selección del motor, de acuerdo a este y considerando la información acerca del desarrollo de baterías a lo largo del presente trabajo, se optó por seleccionar una **batería de iones de litio de alta capacidad, de 48V - 30000mAh - 13S3P**, importada desde China. Esta se alojará en el interior del *Barral*, recinto de acuerdo a las dimensiones de la misma asegurando su estabilidad.

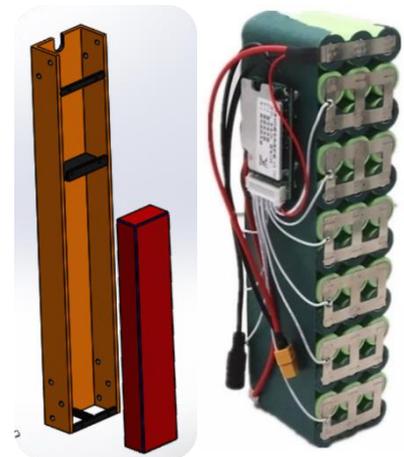
A continuación, se detallan los datos técnicos de la misma a tener en cuenta:

Modelo	13S3P	
Tipo	Batería de Ion de Litio	
Voltaje	48 [V]	
Capacidad Nominal	30.000 [mAh]	
Peso	2,5 [kg]	
Ciclos	1000	
Dimensiones	238*66*60 [mm]	

El modelo de la batería hace referencia a una configuración de 13 paquetes en serie conformados por 3 pilas en paralelo cada uno. Además, la misma cuenta en su interior con un circuito de protección contra sobrecarga, sobre descarga, sobre corriente y protección contra cortocircuitos e incluye el cargador necesario y adecuado a fin de garantizar un funcionamiento óptimo del producto.

Para garantizar una correcta selección, será necesario verificar la autonomía de la batería con el fin de cumplir con los requisitos buscados del producto. Para ello se parte de la siguiente expresión:

$$C_{m\acute{a}x} = V * A = 48 [V] * 30 [Ah] = 1440 [Wh]$$



Donde: $C_{m\acute{a}x}$: Capacidad máxima de la batería

V : Voltaje

A : Capacidad nominal

Este valor de $C_{m\acute{a}x} = 1440 [Wh]$ nos indica la energía total que puede almacenar la batería, es decir su capacidad, es un concepto similar a la capacidad que presenta un depósito de una motocicleta convencional. Es fácil deducir que, a igual voltaje suministrado por la batería, en concordancia con el motor a abastecer, el nivel de amperaje (o capacidad nominal) suministrado por la batería es lo que proporcionará mayor o menor autonomía.

Para una aproximación rápida de la autonomía a alcanzar con una u otra batería, teniendo en cuenta estadísticas realizadas en diferentes *VMP*, la mayoría de ellos se movilizan con un $C_{prom.}$: Consumo promedio de 5-12 [Wh/km]. De esta manera, considerando el mayor de los valores (caso más desfavorable), en nuestro caso la *Autonomía aproximada* equivale a:

$$A_{aprox.} = \frac{C_{m\acute{a}x}}{C_{prom.}} = \frac{1440 [Wh]}{12 \left[\frac{Wh}{km} \right]} = 120 [km]$$

Ahora bien, teniendo en cuenta otros datos técnicos disponibles en las especificaciones provistas por fabricantes es posible calcular un valor de $A_{m\acute{i}n}$: *Autonomía mínima*. Para ello se tiene en cuenta la potencia absorbida por el motor W_M y una velocidad máxima propuesta Vel_p

$$A_{m\acute{i}n} = \frac{C_{m\acute{a}x}}{W_M} * Vel_p \rightarrow \text{Análoga a la expresión } X = t * Vel$$

Considerando una velocidad propuesta $Vel_p = 30 \left[\frac{km}{h} \right]$, valor aceptable y permitido dentro del rango establecido para la circulación en centros urbanos, y $W_M = 500 [W]$ (dato de motor), se obtiene:

$$A_{m\acute{i}n} = \frac{1440 [Wh]}{500 [W]} * 30 \left[\frac{km}{h} \right] = 86,4 [km]$$

Cabe aclarar que la fórmula utilizada es una expresión matemática simplificada, la cual arroja un valor estimado de la *Autonomía mínima*: $A_{m\acute{i}n}$, dado que si quisiéramos determinar un valor exacto de autonomía es necesario contemplar otras variables y factores para su cálculo: peso del usuario, peso del vehículo, fricción del terreno, resistencia del viento, resistencia al avance, si el terreno posee inclinación, entre otras múltiples variables de las cuales algunas no disponemos datos suficientes y que complicarían sustancialmente el cálculo. Por lo tanto, no es viable, a priori, fijar la autonomía real que podemos esperar de un *VMP*, pero podemos determinar un valor aproximado útil mediante el uso de la fórmula simplificada.

No solo es importante conocer la autonomía y calcularla, también es fundamental para nuestra decisión de compra, que tengamos noción sobre los ciclos de la batería o durabilidad de la batería. Cuantas cargas puede hacerse en esta batería nos permite saber cuál será su vida útil, (cada vez que recargamos por completo la batería es 1 ciclo), A partir del 75% de los ciclos consumidos la batería perderá capacidad y rendimiento, por lo tanto, bastante de su efectividad. Generalmente las baterías más baratas tienen menos ciclos de carga, lo cual nos llevará a cambiarla en un lapso de tiempo más corto que las más caras. En nuestro caso, la batería seleccionada presenta 1000 ciclos, garantizados por el proveedor, lo que equivale, si suponemos un uso diario del *VMP* de 1 ciclo, a una durabilidad de 3 años de la batería, siendo necesario luego su reemplazo.

Por último, relacionado al parámetro autonomía, el controlador tiene un papel fundamental y determinante en la eficiencia del vehículo, pues define y regula la cantidad de energía que llega al motor y entiende por medio de sensores las acciones del usuario, de esta manera logra optimizar la energía de la batería. Un controlador básico, de gama baja, al tener escasos factores en cuenta, suele aportar más energía de la demandada, desperdiciando recursos, disminuyendo la eficiencia, reduciendo la autonomía.

6.2.5.8 Controlador

Aunque la mayor parte de los usuarios desconocen, el controlador de un *VMP* es un elemento de vital importancia para el funcionamiento de este. Se trata de un componente electrónico, con forma de prisma rectangular, de aluminio, cuya función principal es controlar el flujo de corriente que la batería suministra al motor. Sin embargo, esta no es su única función, además, es el elemento que nos permite obtener una conducción suave y segura, este se encuentra conectado a todos los periféricos del *VMP*. Cada uno de los cables que salen de su caja se dirige a diversos componentes, al acelerador, frenos, luces, motor, cargador, bloqueo, etc.

En resumen, el controlador es el que se va a dedicar a controlar (de ahí su nombre) el motor. También va a decidir el orden en el que se van a accionar los diferentes bobinados, la velocidad máxima que va a alcanzar nuestro patinete eléctrico y la potencia que llega al motor desde la batería entre otras cosas. Por lo tanto, es un elemento fundamental.

Para su selección se tuvieron en cuenta los parámetros de los elementos preseleccionados anteriormente, de forma tal de garantizar su compatibilidad con el resto de los componentes, como ser:

- Potencia del motor 500W
- Voltaje de la batería y motor 48V
- Tipo de motor *Brushless*

A continuación, se adjuntan a nivel ilustrativo imágenes del controlador seleccionado, producto importado de China de acuerdo al contexto sociopolítico actual. Este componente se instalará en el recinto interior del perfil U que conforma al *Barral*, facilitando el cableado a los componentes electrónicos cercanos.

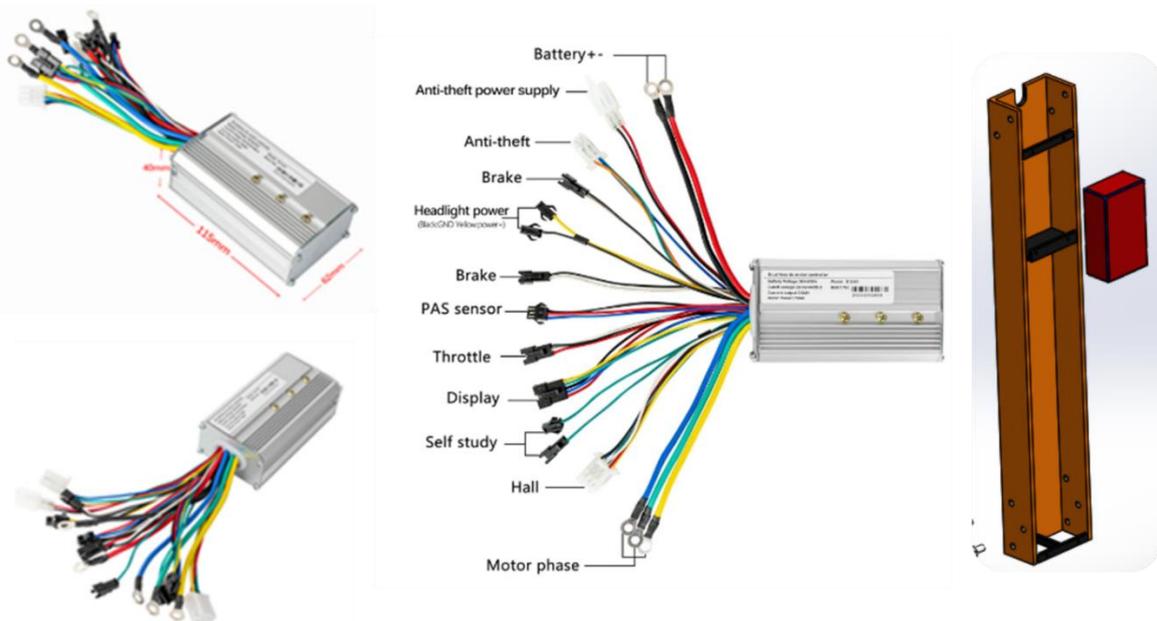


Imagen 69: Controlador seleccionado – Ubicación y fijación.

Nota: Para mayores detalles en cuanto a la selección efectuada en esta sección, véase **Anexo C – Elementos Electrónicos**.

6.2.5.9 Tapa

A fin de evitar el ingreso de agente externos contaminantes al perfil U que compone al *Barral*, que compone el recinto donde se ubican batería, controlador y el cableado hacia los componentes electrónicos adicionales y estética, es que se diseñó una cubierta o tapa plástica de dimensiones generales $l = 670mm$; $a = 102mm$. Se instaló mediante 6 tornillos allen cabeza botón $M3 \times 8mm$, que roscan sobre planchuelas que hacen de bastidor incorporadas sobre el perfil U.

El plástico seleccionado para su construcción es el polietileno de alta densidad – HDPE, polímero termoplástico elástico que no sufre alteraciones químicas durante calentamiento. En cuanto a sus propiedades, posee alta relación resistencia/densidad y soporta temperaturas algo mayores a $120^{\circ}C$, resistente a la gran mayoría de disolventes, fácil de moldear y durabilidad de aspecto. Motivos que realzan su utilización, al estar ubicado en la parte frontal del vehículo, expuesto a eventuales daños por golpes y sometido a las condiciones ambientales del exterior. El método de fabricación a utilizar será moldeo por inyección.

Finalmente vale resaltar la geometría de la cubierta plástica en su cara interna. Esta posee un salto geométrico que se adapta a las dimensiones de los componentes que cubre, batería y controlador, de forma tal que asegura la estanqueidad e inamovilidad de los mismos.

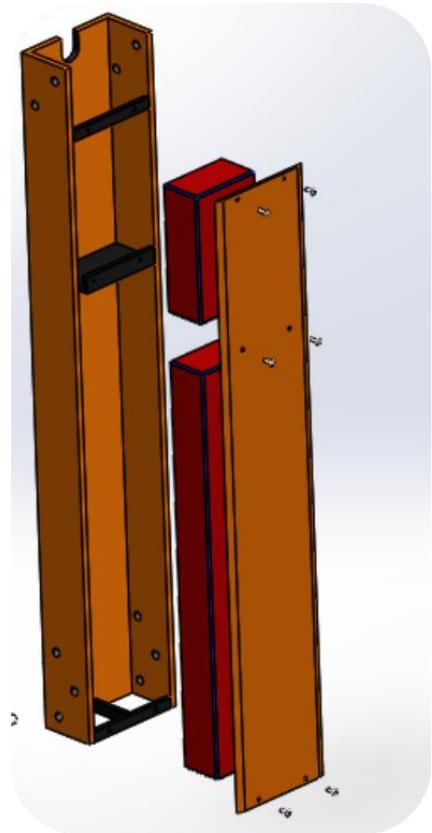


Imagen 70: Tapa plástica – Detalle salto geométrico.

6.2.5.10 Elemento electrónico adicional

A efecto de brindar una conducción más amigable, se añade al vehículo una pantalla LCD en la que es posible visualizar parámetros, entre los cuales se encuentran los tres principales: batería restante, velocidad y kilometraje. Esto facilita la interfaz usuario – VMP permitiendo conocer los datos en todo momento de la conducción, facilitando la circulación, planear el recorrido para abordar a destino sin problema alguno, respetar las normas legisladas de velocidad, entre otras diversas ventajas que ofrece esta mejora.



Imagen 71: Display – Pantalla LCD.

El display se instalará sobre el barral central del *Manubrio*, facilitando su montaje y brindando una estética armoniosa y agradable.

6.2.6 Subconjunto Horquilla

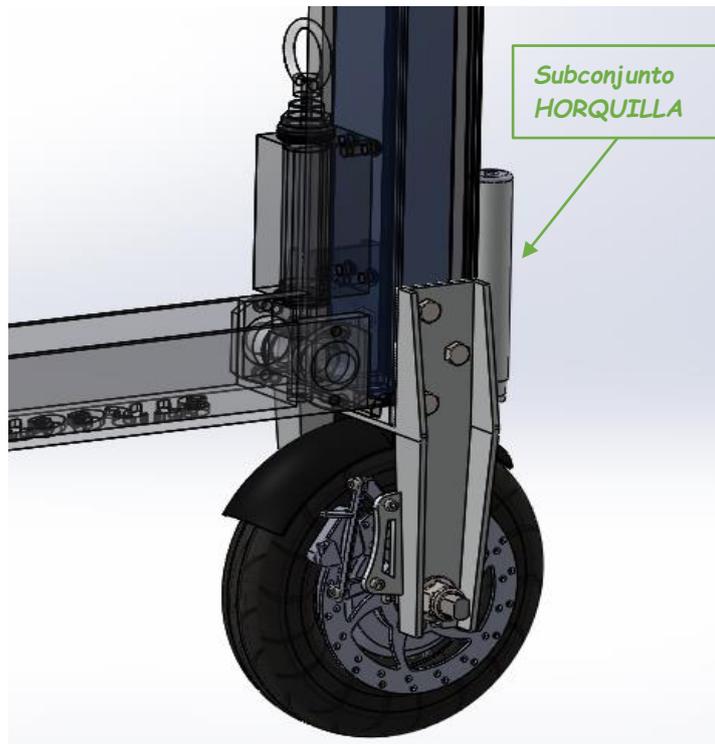


Imagen 72: Subconjunto HORQUILLA y sus componentes.

Este se caracteriza principalmente por disponer la llanta delantera que a su vez tiene integrado el motor eléctrico que es el encargado de propinar la tracción al VMP. El subconjunto se une al chasis y tiene como misión evitar que la rueda se mueva sin control y mantener la

dirección deseada. Además, incorpora algunos otros elementos como el sistema de freno y el guardabarros de la zona delantera.

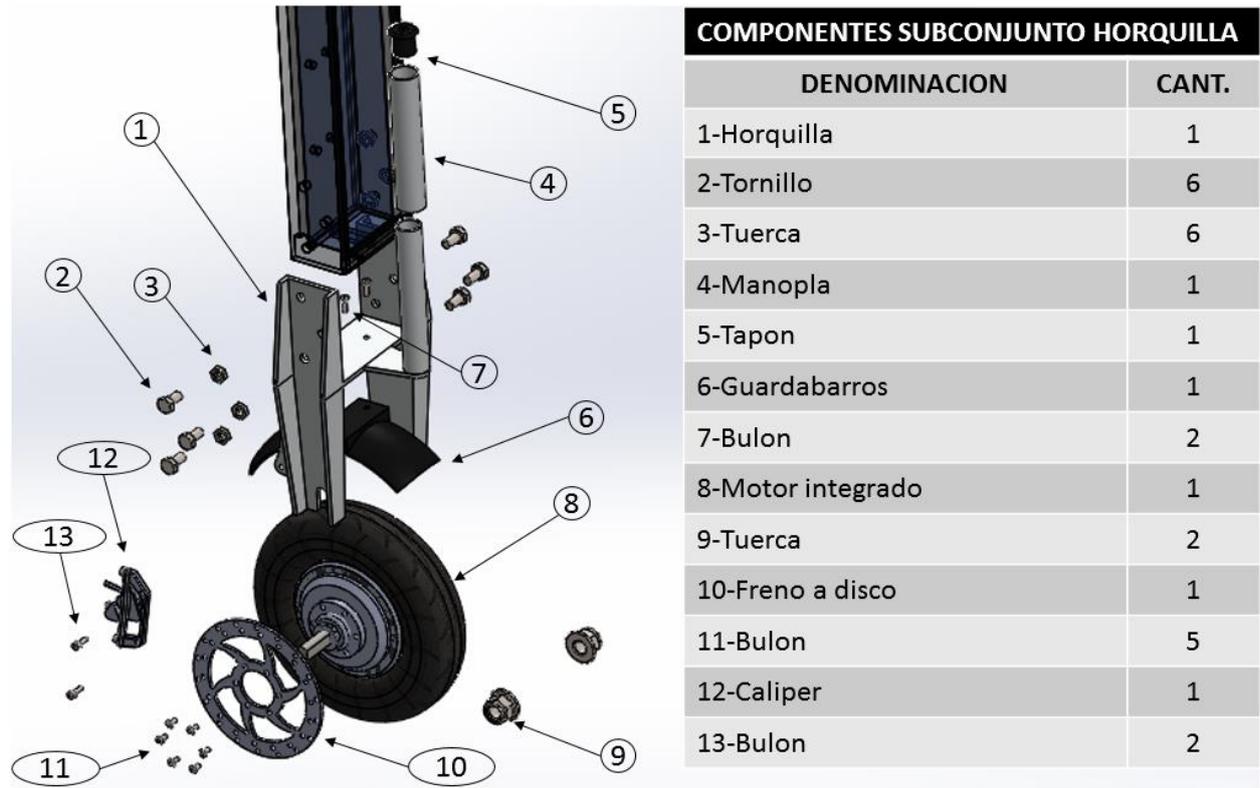


Imagen 73: Componentes del subconjunto HORQUILLA.

6.2.6.1 Motor

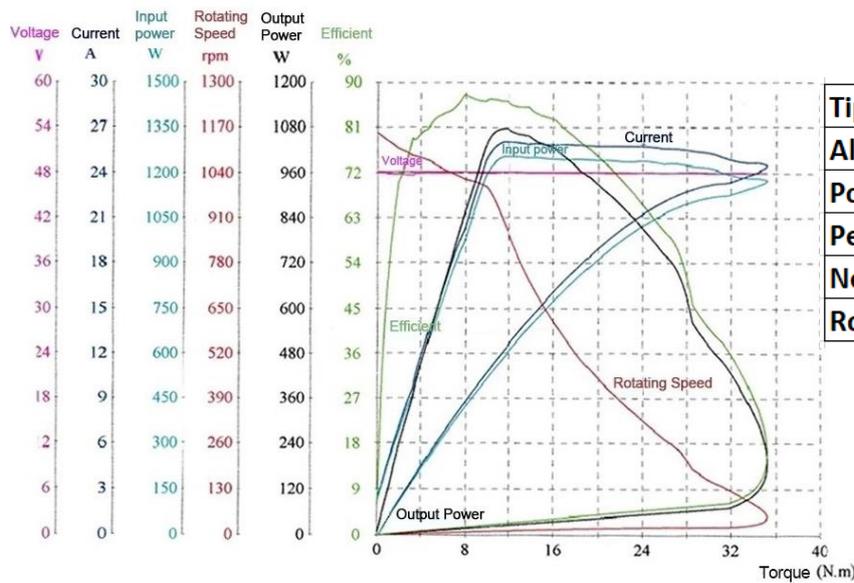
Tras indagar las diversas variantes de motores ofrecidos por múltiples proveedores, se ha optado por implementar un insumo estándar de origen importado, se trata de un **motor de cubo integrado al neumático, un motor del tipo Brushless** de 500 [W] de potencia (8), provisto por el fabricante *Annoy Bike*, con sede fuera de nuestro país, en China. Este tipo de motores, sin escobillas, se diferencia de los motores *Brushed* justamente por la ausencia de estas últimas, lo que trae consigo múltiples ventajas, entre las cuales es posible destacar, prácticamente fricción nula, reducción del calor disipado, ruido mínimo, menor mantenimiento, entre otras. Todas estas cuestiones se traducen en un incremento de la eficiencia y rendimiento general.

Nota: Para mayores detalles en cuanto a la selección efectuada, véase *Anexo B – Selección motor*.



Imagen 74: Motor integrado a la rueda.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas del mismo que satisfacen correctamente los requisitos de nuestro producto.



Tipo de motor	Brushless
Alimentación	48 [V]
Potencia	500 [W]
Peso	3,2 [kg]
Neumático	10x2,5 [in]
Rosca eje	M 12x1,25

Feature	Voltage	current	input power	torque	Rotating speed	Output Power	effective ness	Time
	V	A	W	N.m	rpm	W	%	S
(No_Load)	48.01	2.330	111.9	0.06	1151.1	7.231	6.5	0.000
(Eff_max)	48.07	20.16	968.9	7.91	1024.2	848.4	87.6	36.77
(Pout_max)	48.07	26.01	1250	11.76	874.8	1077	86.2	46.98
(Torque_max)	48.06	24.53	1179	36.31	29.9	113.7	9.6	96.44
(End)	48.12	0.000	0.000	0.13	0	0	0	101.5



Imagen 75: Motor – Especificaciones técnicas.

Cabe aclarar, que este tipo de pieza no requiere de cálculos dimensionales de ninguna índole ya que son piezas estándar que tienen historial en el mercado, siendo muy confiables en cuanto a sus usos y prestaciones.

La selección del motor trae consigo ciertas cuestiones técnicas a respetar, que condicionan el uso y selección de otros componentes del equipo, como ser el voltaje de alimentación a suministrar por la batería y a manejar por el controlador, las dimensiones de los neumáticos, tipo de freno, y requisitos dimensionales en el diseño del anclaje del chasis al motor integrado en la rueda. Todas estas cuestiones son abordadas y justificadas a largo del *Inciso 6.2*: “Cálculos de diseño”.

La sujeción de la llanta delantera con motor integrado se logra simplemente por medio de dos tuercas de *rosca UNF 3/8" – 24h*; $\Phi_{ext.} = 20mm$; *Ancho: 10mm (9)* que van vinculadas en los extremos roscados del eje que dispone la rueda en su centro, como indica la *referencia A*.

En cuanto a lo que respecta al neumático de la rueda delantera, indicado con la *referencia B*, dentro de las diversas posibilidades a implementar existentes en el mercado para el traslado del *VMP*, tras analizar cada una de ellas, se optó por implementar **neumáticos de 10 pulgadas con cámara**, tanto para la rueda delantera como para la rueda trasera, requerimiento impuesto por el motor de cubo pre-seleccionado anteriormente.

Debido a las fluctuaciones del mercado, dependiendo el stock disponible en el momento se escogerá el ancho del neumático, respetando siempre el diámetro de la llanta de 10". Sin embargo, se priorizará utilizar siempre y cuando sea posible un **neumático delantero 10"x2.0**.

Se pretende utilizar un neumático de mayor ancho en la parte trasera, respecto a la rueda delantera, mejorando de esta manera la ciclista del VMP, contemplando las características de comportamiento de los diferentes anchos de cubiertas, ventajas e inconvenientes ofrecidos (*Vease apartado 6.2.3.5 – Selección neumático trasero*).

6.2.6.2 Freno

En este aspecto, nos decidimos por equipar al VMP con **freno a disco mecánico (accionado por cable)**. Dentro de los componentes necesarios, implementamos un disco de 130 mm, caliper y pastillas de freno convencionales que se utilizan en la mayoría de las bicicletas que cuentan con este mismo sistema de frenado. De esta manera, la restitución y mantenimiento se facilita en gran medida, siendo de fácil acceso a los insumos/componentes que integran el sistema completo de frenado. La fijación del freno a disco (10) se realiza mediante 6 bulones M4 x 8mm; paso 1,0 (11) sobre el alojamiento que incluye de fábrica la llanta, como se indica en la referencia A; en cambio, el caliper (12) se sujeta con 2 bulones M4 x 12mm; paso 1,0 (13) sobre un soporte que dispone el diseño de la pieza horquilla, como indica la referencia B.

En cuanto al accionamiento del caliper (freno mecánico), como ya se mencionó, se realizará a través de cable a partir de una manija dispuesta en el manubrio, análogo a una bicicleta. Para mayores detalles Véase apartado 6.2.5.4 – Comando derechos – Palanca de freno

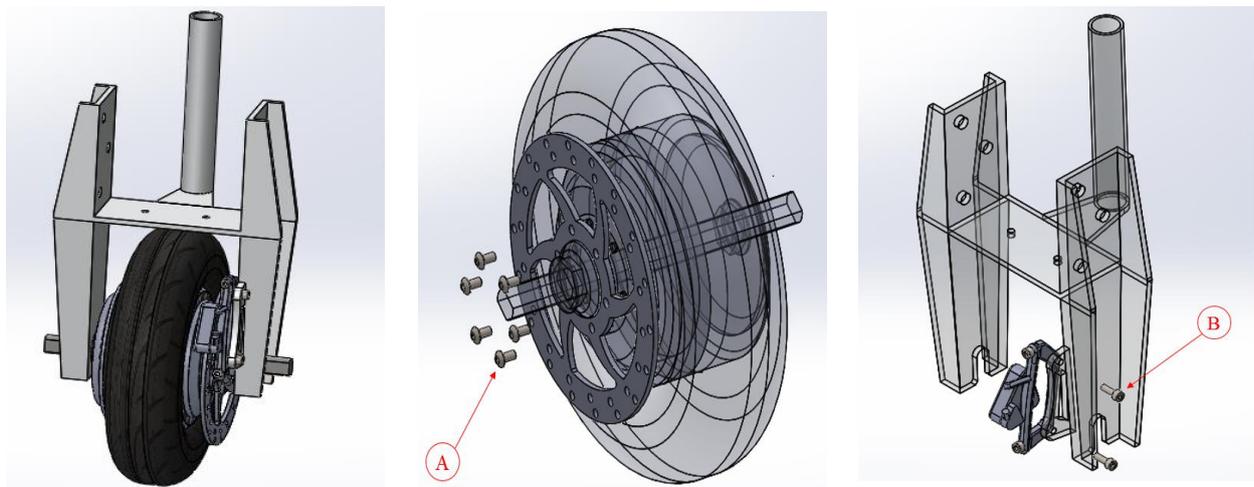


Imagen 76: Sistema de freno y su vinculación con los demás componentes.

Como se mencionó en otras ocasiones, el cálculo para este tipo de elemento no es algo prescindible debido a su antecedente en el mercado y su extensa aplicación en vehículos de prestaciones similares como monopatines y bicicletas de competición.

Nota: Para mayores detalles en cuanto a las selecciones efectuadas en esta sección y sus complementarias, véase Anexo C – Elementos Electrónicos.

6.2.6.3 Guardabarros

Se trata de una pieza curva realizada a partir de impresión 3D cuyo objetivo es cubrir parcialmente sobre su parte superior la rueda delantera para evitar la salpicadura de agua/barros hacia el cubículo del usuario (6). La impresión 3D con material ABS permite gran flexibilidad en cuanto al diseño brindando la personalidad deseada en una pieza y permitiendo ajustar fácilmente

la rigidez necesaria en el diseño con tiempos de fabricación relativamente cortos y de forma prácticamente automática, haciéndolo un muy buen recurso para su fabricación. Otra característica de este material, y muy útil para esta aplicación, es su ligereza y capacidad para absorber vibraciones al tratarse de un plástico flexible.

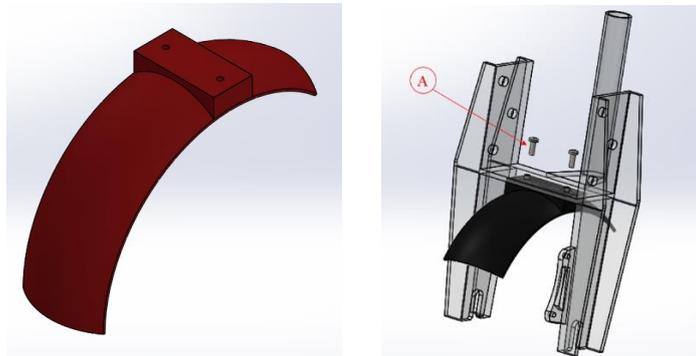


Imagen 77: Pieza denominada guardabarros y su vinculación con los demás componentes.

Esta pieza se vincula a la pieza horquilla a través de 2 *bulones con cuerpo trilobular con perfil de rosca de 48°; diametro 4mm; largo 12mm* (7), diseñados específicamente para plástico, alojados sobre su parte superior como se indica en la *referencia A*, siendo la carga absorbida por estos prácticamente despreciable y no representando ningún inconveniente para el óptimo funcionamiento del conjunto.

6.2.6.4 Horquilla

Esta pieza conformada a partir de pliegues de chapa y unida mediante soldadura da lugar a perfiles compuestos cuyas secciones y dimensiones se adecuan al trabajo a realizar y a las cargas a soportar (1). El material de la chapa es *Aluminio 6061 T4* y su espesor es de 4mm, las dimensiones generales de la pieza son *225x160x52 mm – Alto; Largo; Ancho*.

Esta pieza se vincula al subconjunto frente a través de 6 *tornillos M8 x 16mm; paso 1mm* (2) con sus respectivas *tuercas de ancho: 5mm* (3), como se indica en la *referencia A*, y a su vez es sostén de la pieza motor que se sustenta a través de su eje y de la pieza guardabarros a través de unos pequeños bulones. Por su parte frontal dispone un agarre por el cual el usuario puede sujetar al VMP para trasladarlo cuando así lo desee. Sobre dicho agarre se aloja una manopla (4) para brindar un mayor confort al usuario, como se indica en la *referencia B* y sobre su parte superior se coloca un tapón (5) para evitar que la manopla se desplace de su lugar y además, dar un detalle favorable en cuanto a la estética, como se indica en la *referencia C*.

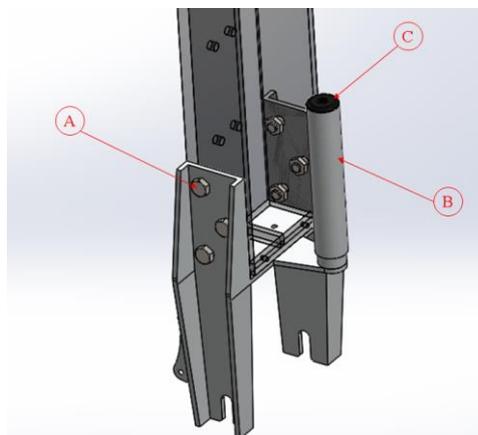


Imagen 78: Pieza denominada horquilla y sus demás componentes.

Esta pieza es considerada una de las más críticas del VMP ya que sobre ella actúan las principales cargas y en simultaneo, entre ella se puede hacer mención al peso del usuario, al peso propio del vehículo, golpes debido a irregularidades en los caminos y fuerzas dinámicas debido a frenados violentos.

A continuación, se muestran las fuerzas actuantes en el caso considerado como el más crítico y que consiste en el momento en el que el usuario circula en el VMP y pasa de la velocidad máxima a la velocidad nula en un muy corto lapso de tiempo (frenado violento).

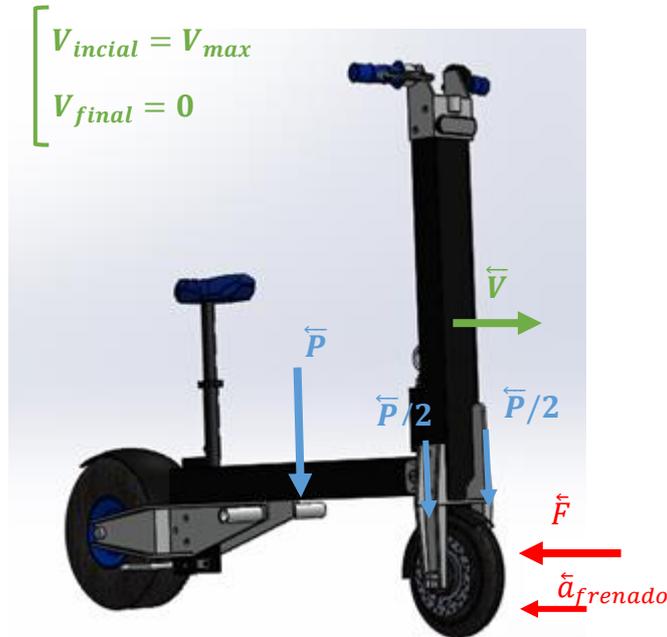
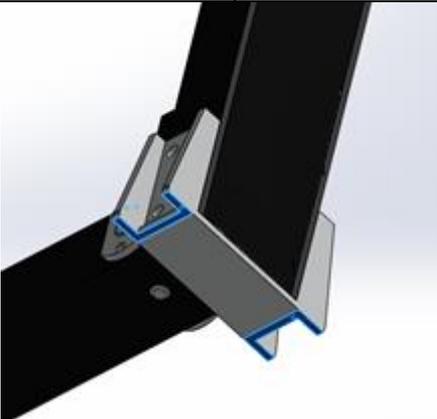
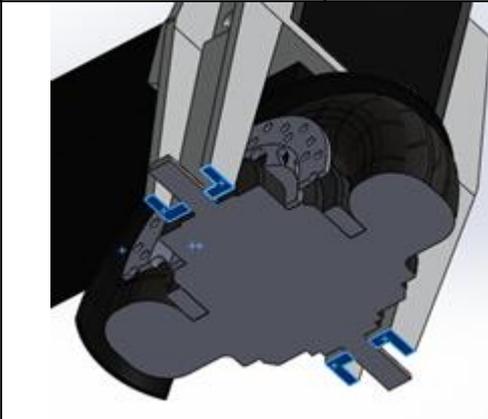


Imagen 79: Cargas actuantes sobre el componente horquilla durante un frenado violento.

Para el análisis de sollicitaciones, se denotan las secciones más críticas ante las variantes de esfuerzos que se generan; datos obtenidos mediante software *Solidworks 2018*.

Sección sometida al mayor momento flector.	$A_1 = 5,46cm^2$ $I_{x1} = 19,51cm^4$ $r_1 = 1,8cm$	Sección de menor área.	$A_2 = 3,05cm^2$
			

A continuación, se presentan las diversas verificaciones a distintos estados operacionales y sus resultados.

Análisis 1: Verificación del elemento a *flexión*, considerando la fuerza que se genera en el vehículo al desacelerar de forma instantánea desde la velocidad máxima a la velocidad nula, obteniéndose así el momento flector más crítico sobre los barrales.

Empleando la fórmula del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado se obtiene:

$$v_f = v_0 + a \cdot t$$

Suponiendo velocidad inicial como la máxima ($v_0 = 25 \text{ km/h}$), la velocidad final como nula ($v_f = 0$) y considerando tiempo de frenado de 1 segundo, se obtiene la siguiente desaceleración:

$$a = -\frac{v_0}{t} = -\frac{6,94 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} = -6,94 \text{ m/s}^2$$

$$F = m \cdot a = 125 \text{ kg} \cdot 6,94 \text{ m/s}^2 = 867,5 \text{ N} = 89 \text{ kgf}$$

Consideramos el peso propio del vehículo de 40 kgf más la carga de un pasajero de 85 kgf aplicados totalmente sobre la rueda delantera, es decir que la fuerza total tendrá un valor de 125 kgf con la suposición que se distribuye sobre un único barral de la horquilla. La tensión normal debida al momento flector valdrá:

$$\sigma_{Mf} = \frac{M_f}{W_1} = \frac{F \cdot d}{I_{x1}/r_1} = \frac{89 \text{ kgf} \cdot 11 \text{ cm}}{19,516 \text{ cm}^4 / 1,8 \text{ cm}} = 90,32 \text{ kg/cm}^2$$

Análisis 2: Se procedió a verificar el elemento a *compresión*, considerando la fuerza que se genera en el vehículo con la carga máxima de trabajo compuesta por el peso propio del vehículo de 40 kgf más la carga de un pasajero de 85 kgf que se consideran, a modo conservador, aplicados totalmente sobre la rueda delantera, es decir que la fuerza total tendrá un valor de 125 kgf con la suposición que se distribuye sobre un único barral de la horquilla.

$$\sigma_c = \frac{P/2}{A_2} = \frac{125 \text{ kgf}}{3,05 \text{ cm}^2} = 41 \text{ kg/cm}^2$$

Cabe mencionar, que se descarta la verificación a pandeo, ya que la sollicitación a compresión arrojó un valor bajo y la pieza no presenta esbeltez.

Análisis 3: Se procedió a verificar el elemento a *corte*, considerando la fuerza expuesta en el *Análisis 1*.

$$\tau = \frac{F}{A_2} = \frac{89 \text{ kgf}}{3,05 \text{ cm}^2} = 29,1 \text{ kg/cm}^2$$

Haciendo sumatoria de las tensiones normales que se pueden ejecutar en simultáneo expresadas en el análisis 1 y 2, nos da como resultado:

$$\sigma_{Tt} = \sigma_{Mf(+)} + \sigma_c = 90,32 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + \left(-41 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) = 49,32 \text{ kg/cm}^2$$

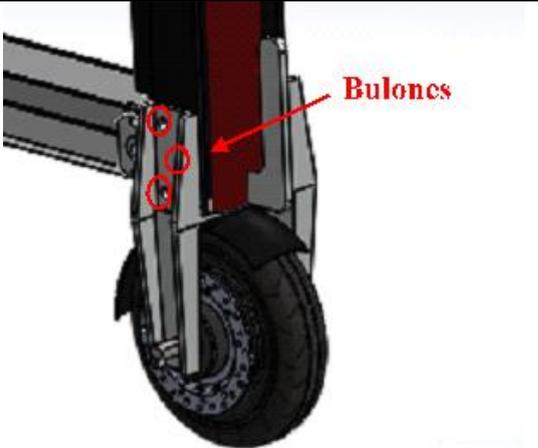
$$\sigma_{Tt} = \sigma_{Mf(-)} + \sigma_c = -90,32 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + \left(-41 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) = -131,32 \text{ kg/cm}^2$$

Haciendo un examen de los valores de tensiones obtenidos, siendo estos de muy bajo valor (piezas sobredimensionadas), se propone hacer una reducción de espesores de las piezas dimensionadas con el fin de abaratar costos, disminuir peso y facilitar la fabricación de las mismas. De esta manera, se expone en forma resumida los cálculos antes desarrollados para las nuevas piezas con disminución en sus espesores.

ANALISIS 1	
$A_1 = 3,65\text{cm}^2; I_{x1} = 13,78\text{cm}^4; r_1 = 1,8\text{cm}$	
$\sigma_{Mf} = \frac{M_f}{W} = \frac{F \cdot d}{I_{x1}/r_1} = \frac{89 \text{ kgf} \cdot 11\text{cm}}{13,78\text{cm}^4/1,8\text{cm}} = 127,9 \text{ kg/cm}^2$	
ANALISIS 2	
$A_2 = 2 \text{ cm}^2$	
$\sigma_c = \frac{P}{A_2} = \frac{125\text{kgf}}{2\text{cm}^2} = 62,5 \text{ kg/cm}^2$	
ANALISIS 3	
$\tau = \frac{F}{A_2} = \frac{89\text{kgf}}{2 \text{ cm}^2} = 44,5 \text{ kg/cm}^2$	
TENSIONES COMBINADAS	
$\sigma_{Tt} = \sigma_{Mf(+)} + \sigma_c = 127,9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + \left(-62,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) = 65,4 \text{ kg/cm}^2$	
$\sigma_{Tt} = \sigma_{Mf(-)} + \sigma_c = -127,9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + \left(-62,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) = -190,4 \text{ kg/cm}^2$	

Análisis 4: El siguiente análisis se basa en el esfuerzo de corte generado en la bulonería que vincula la horquilla y subconjunto frente, la carga de trabajo se considera como una fuerza compuesta por el peso propio del vehículo, el peso del conductor y la fuerza que se genera en una maniobra de frenado prácticamente instantánea:

$$F_c = \sqrt{F^2 + P^2} = \sqrt{(89 \text{ kgf})^2 + (125 \text{ kgf})^2} = 153,5 \text{ kgf}$$

	DATOS DE BULONES	
	Tipo:	M6
	Material:	AISI C1010/ $\sigma_{fl} = 2400 \text{ kg/cm}^2$
	Cantidad:	C = 6 Bulones
	Área bulón:	A = 0,28 cm ²
	DATOS DE PIEZA	
	Tipo:	Perfil compuesto
	Material:	6021
	Espesor:	6 mm

Verificación al corte:

$$\tau = \frac{F_c}{C \cdot A} = \frac{153,5 \text{ kgf}}{6 \cdot 0,28 \text{ cm}^2} = 90,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau \leq \tau_{adm} \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Verificación al aplastamiento

Área puesta en juego:

$$A_{aplas} = 2 * \phi_o * e = 2 * 0,6 * 0,4 = 0,48 \text{ cm}^2$$

Tensión normal admisible:

$$\sigma_{aplas} = \frac{F/C}{A_{aplas}} = \frac{153,5 \text{ kgf}/6}{0,48 \text{ cm}^2} = 53,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{aplas} \leq \sigma_{adm} \Rightarrow \text{VERIFICA}$$

Por lo tanto, los bulones utilizados verifican tanto al corte como al aplastamiento. En ambos casos el coeficiente de seguridad resulto ser elevado, garantizando de esta manera una correcta operatividad del vehículo.

7. DISEÑO FINAL

A continuación, se presentan imágenes de los sistemas antes desarrollados y su integración dando como resultado el diseño del Vehículo de movilidad Personal – VMP.

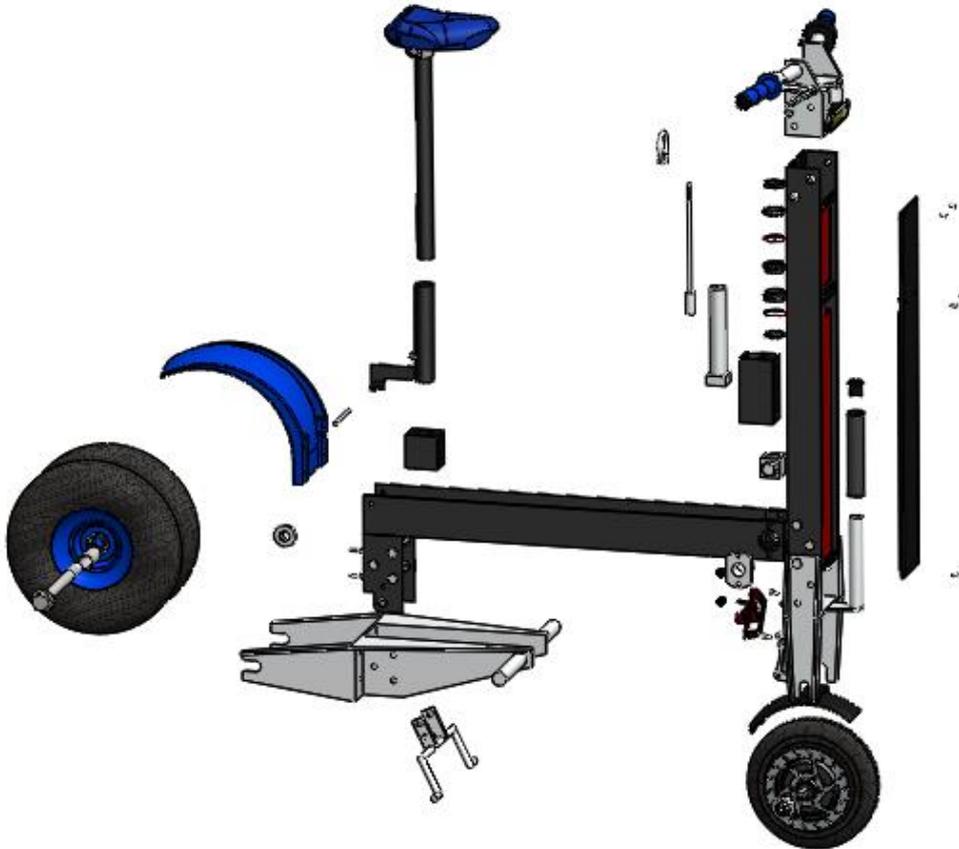


Imagen 80: Vista esquemática en explosión del diseño final del VMP.



Imagen 81: Simulación del VMP en zona urbana.



Imagen 82: Simulación del VMP en zona urbana.



Imagen 83: Representación a escala del VMP con un usuario de 1,80 metro de estatura.

8. LINEAS FUTURAS

En este apartado se presenta de forma breve un listado de aspectos que podrían desarrollarse para incrementar y mejorar la funcionalidad del equipo. Si bien es cierto, que el desarrollo actual abordado es suficiente para garantizar la operatividad del vehículo, estas líneas futuras representarían mejoras significativas. A saber:

- Modificación de características geométricas y dimensionales de determinadas piezas tras la ejecución de análisis computacionales más rigurosos, bajo la teoría de elementos finitos, a fin de lograr la reducción de peso del vehículo.
- El diseño e incorporación de un cerramiento, como ser una tapa abatible, para el orificio ubicado en la parte superior central del manubrio, donde descansa el asiento al situar el *VMP – Vehículo de Movilidad Personal* en posición de “plegado”. De esta manera se lograría el impedimento de agentes contaminantes que puedan producir atascamiento o dificultad de inserción, además de mejorar la estética.
- Adición de iluminarias que permitan y mejoren la conducción de forma segura y estable en toda la franja horaria del día, e incluso bajo condiciones ambientales adversas. Además de contribuir al orden del tránsito y cumplimentar las normas ya vigentes (y aquellas futuras).
- Incorporación de sistemas de suspensión, debiéndose contemplar el hecho de re diseñar aquellas piezas críticas del vehículo. Situación no contemplada a lo largo del proyecto dado que el vehículo aumentaría su “status” quedando encuadrado en una categoría alta de vehículos de igual índole.
- En relación al punto anterior, se podría considerar el anexo de un sistema de frenado trasero, pudiéndose contemplar así reemplazar el motor, aumentando la potencia del equipo. Se incrementaría no solo la calidad del equipo, sino también los costos, aminorando el potencial de futuros usuarios, y modificando el campo de aplicación.
- Evaluar la posibilidad de agregar un habitáculo de carga, sobre la parte trasera del vehículo, re diseñando las piezas ya existentes necesarias e incorporando nuevas. De esta manera se amplía el campo de aplicación, estableciendo un nuevo paradigma comercial orientado al uso de delivery, reparto, logística, entre otros.
- Mejoría en las líneas estéticas del vehículo en si, como de cada una de las piezas que lo conforman, en búsqueda de un aspecto delicado y armonioso, con fundamentos futuristas.

9. CONCLUSIÓN

La utilización de vehículos de movilidad personal es un proceso en constante crecimiento. En los tiempos actuales la electromovilidad se encuentra en pleno auge, cada vez son más las personas que se convierten en usuarios de vehículos de esta categoría, y por ende empresas que recurren al lanzamiento de nuevos equipos para hacer frente no solo a la demanda exigida, sino también para colaborar con las necesidades sociopolíticas y medioambientales que la situación actual solicita.

De esta manera, la puesta en marcha de un proyecto de diseño, fabricación y comercialización de vehículos de movilidad personal como el diseño propuesto no solo acarrea beneficios privados, sino también aporta un beneficio social en todos los niveles permitiendo incrementar el valor de la cadena productiva en todos sus aspectos.

Tras el extenso y minucioso análisis anteriormente desarrollado, nos vemos en condiciones de garantizar la factibilidad del proyecto y su puesta en marcha, a la espera de resultados fructíferos, desde el punto de vista técnico, económico y social, permitiendo adaptabilidad ante cualquier necesidad que se presente a futuro, haciendo uso eficiente y eficaz de los recursos tanto técnicos como humanos.

10. BIBLIOGRAFIA

10.1 -Bibliografía Impresa

- Diseño de elementos de máquinas – Faires V.M – Ed. Montaner y Simon
- Elementos de máquinas – Dobrovolski y otros – Ed. MIR
- El método de los elementos finitos aplicado al análisis estructural - M. Vazquez, E. Lopez – Ed. Noela – Madrid 2001
- Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos – Boylestad R., Nashelsky L. – Ed. Pearson Educación 10ma/2009
- Manual de normas IRAM de Dibujo Tecnológico 2017 – Instituto Argentino de Normalización y Certificación – Ed. 33 Enero 2017.

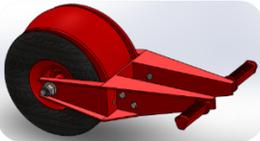
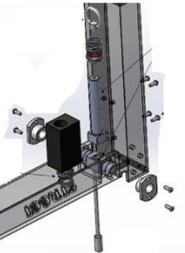
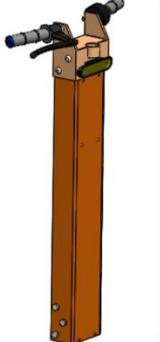
10.2 -Bibliografía Digital

- <https://es.wikipedia.org/wiki/Vacío>
- <https://www.enelx.com/ar>
- https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/dt_5_-_electromovilidad.pdf
- <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/micromobilitys-15000-mile-checkup> - McKinsey (2019): Micromobility's 15,000-Mile Checkup. McKinsey Center for Future Mobility:
- <https://aymet.com.ar/aluminio/>
- <http://www.plasticbages.com>
- <https://www.celofasteners.com>
- <https://www.skf.com/ar>
- <https://www.aluar.com.ar/>
- <https://www.extrusora-argentina.com.ar/>
- <https://www.iram.org.ar/>
- <https://www.resortecnica.com.ar/>
- <https://www.acindar.com.ar/>

11. ANEXOS

11.1 -Anexo A – Peso VMP

A continuación, se indican los pesos aproximados de cada subconjunto anteriormente desarrollados de forma individual y la suma de los mismos, estimando el peso total del *Vehículo de Movilidad Personal – VMP* propuesto.

	SUB CONJUNTO PLAZA	PIEZA	PESO [kg]	SUB TOTAL 1 [kg]
		Cuerpo	0,26	1,153
		Bisagra	0,11	
		Vela	0,28	
		Asiento	0,25	
		Extra	0,25	
	SUB CONUNTO BASE	PIEZA	PESO [kg]	SUB TOTAL 2 [kg]
		Cuerpo base	1,7	2,01
		Caballote	0,15	
		Extra	0,16	
	SUB CONJUNTO HORQUILLON	PIEZA	PESO [kg]	SUB TOTAL 3 [kg]
		Basculante	1,3	4,7
		Rueda	3	
		guardabarros Tras.	0,15	
		Extra	0,25	
	SUB CONJUNTO TRABA	PIEZA	PESO [kg]	SUB TOTAL 4 [kg]
		Pestillo	0,14	1,105
		Bisagra	0,23	
		Direccion	0,14	
		Soporte	0,43	
		Buje	0,02	
		Extra	0,15	
	SUB CONJUNTO FRENTE	PIEZA	PESO [kg]	SUB TOTAL 5 [kg]
		Manubrio	0,33	6,12
		Contrapesos	0,14	
		Manoplas	0,1	
		Barral	2	
		Bateria	2,5	
		Controlador	0,4	
		Tapa plastica	0,2	
		Comandos	0,25	
		Extra	0,2	
	SUB CONJUNTO HORQUILA	PIEZA	PESO [kg]	SUB TOTAL 6 [kg]
		Motor	4,50	5,615
		Freno	0,30	
		Guardabarros Del.	0,07	
		Horquilla	0,50	
		Extra	0,25	

	SUB CONJUNTO	PESO [kg]	TOTAL [kg]
VMP VEHICULO DE MOVILIDAD PERSONAL	Plaza		20,703
	Base		
	Horquilla		
	Traba		
	Frente		
	Horquilla		



Se puede apreciar que el peso final estimado del *Vehículo de Movilidad Personal* propuesto resulta ser del orden del 50% menor al peso considerado a lo largo del desarrollo. De esta manera nos ubicamos del lado de la seguridad, bajo un criterio conservador, en cada uno de los dimensionamientos y cálculos realizados.

11.2 -Anexo B – Selección Motor

A fin de validar la selección del motor, se detalla a continuación el análisis realizado. Para ello consideremos la siguiente situación:

...Se desea, partiendo del reposo en un vehículo de movilidad personal, alcanzar una velocidad final de 30 [km/h] en un determinado tiempo t . Sea la masa a considerar el peso propio del vehículo en cuestión junto al peso del usuario, quien trae consigo una mochila con una carga de 5 [kg].

Planteado lo anterior, se pretende determinar la potencia necesaria del motor que satisfaga la situación planteada.

... Datos:

$$\text{Velocidad Inicial: } v_1 = 0 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Velocidad Final: $v_2 = 25 \left[\frac{km}{s} \right] = 7 \left[\frac{m}{s} \right] \rightarrow$ Velocidad máxima permisible según Normativa Vigente en VMP – Vehículos de Movilidad Personal.

Tiempo : $t = 10[s]$ \rightarrow Valor estimativo propuesto tras indagar el comportamiento y mediciones practicas de diferentes vehículos pertenecientes a la categoría del VMP propuesto.

Peso propio VMP: $p_{VMP} = 40[kg]$ \rightarrow Se considera el peso propuesto utilizado a lo largo del desarrollo, y no el peso real del Anexo A – Peso VMP por cuestiones conservadoras.

$$\text{Peso usuario: } p_U = 90[kg]$$

$$\text{Peso mochila: } p_M = 5[kg]$$

Recordando las ecuaciones de *Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado – MRUV* es posible determinar la distancia mínima a recorrer y la aceleración mínima que debe alcanzar el vehículo:

$$\Rightarrow d_{min} = \frac{(v_1 + v_2)}{2} * t = \frac{(0 + 7)}{2} * 10 = 35[m]$$

$$\Rightarrow a_{min} = \frac{v_2 + v_1}{t} = \frac{7 - 0}{10} = 0,7 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Aplicando la 2da Ley de Newton es posible hallar la fuerza necesaria proporcional a la aceleración mínima:

$$\Rightarrow F = m * a_{min} = (p_{VMP} + p_U + p_M) * a_{min} = (40 + 90 + 5) * 0,7 = 94,5[N]$$

Teniendo en cuenta el concepto de Potencia: es una cantidad determinada de trabajo efectuado (de una u otra manera) en unidad de tiempo determinada. En otras palabras, es la cantidad de trabajo por unidad de tiempo que algún objeto o sistema produce... Vemos que aun no hemos calculado el trabajo realizado por nuestro sistema, por lo que procedemos a ello:

...Trabajo, fuerza que se aplica sobre un cuerpo para desplazarlo de un punto a otro. Si existe una fuerza que al ser aplicada a un cuerpo permite su desplazamiento hacia la dirección de la fuerza estamos en presencia de un trabajo, su expresión es:

$$\Rightarrow W = F * d * \cos \alpha = F * d_{min} * 1 = 94,5 * 35 = 3307,5[J]$$

Finalmente, la potencia necesaria será:

$$\Rightarrow P_{NEC} = \frac{W}{t} = \frac{3307,5}{10} = \boxed{330,5 [W] = P_{NEC}}$$

Se concluye, en base al resultado obtenido para la situación planteada, que la elección e **incorporación de un motor de $P_{Nominal} = 500[w] > P_{NEC} = 330,5 [W]$** resulta correcta y viable, para un correcto comportamiento del vehículo.

Vale mencionar que la situación planteada y los datos propuestos fueron seleccionados en base a información recolectada de mediciones empíricas en vehículos de índole similar. De esta manera, frente a la incorporación de un motor de 500 [w] estamos mejorando el desempeño de nuestro equipo, respecto a otros, contando con un 34% de potencia extra ante la situación planteada: Aceleración de 0 a 25 [km/h] en un tiempo de 10 [s] desplazando un peso total de 135 [kg].

Ahora bien... **otra forma de determinar la potencia necesaria** es mediante la aplicación del *Teorema de la Conservación de la Energía*, que simplificadamente establece que el trabajo neto realizado por las fuerzas sobre un objeto o sistema, es igual al cambio en su energía. De forma resumida se detalla el proceso de cálculo:

$$\Rightarrow W = \Delta E = E_f - E_i$$

... Donde:

$$\text{Energía inicial: } E_i = E_{Ci} + E_{Pi} = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i \rightarrow E_i = \mathbf{0 + 0}$$

$$\text{Energía final: } E_f = E_{Cf} + E_{Pf} = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh_f \rightarrow E_f = \frac{1}{2}mv_f^2 + \mathbf{0}$$

... En nuestro caso particular, la energía cinética inicial es nula por partir del reposo. Además, ambas energías potenciales, $E_{Pi} \wedge E_{Pf}$, son nulas, dado que el cuerpo no modifica su altura... se obtiene así que el trabajo es:

$$\Rightarrow W = E_f = \frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2} * 135 * 7^2 = 3307,5[J]$$

Por lo tanto, la potencia necesaria para efectuar dicho trabajo en el tiempo t propuesto valdrá:

$$\Rightarrow P_{NEC} = \frac{W}{t} = \frac{3307,5}{10} = \boxed{330,5 [W] = P_{NEC}}$$

Vemos que se obtiene el mismo resultado aplicando el *Teorema de la Conservación de Energía*, lo cual nos podría ser útil para futuros cálculos, exponiendo el VMP a diversas situaciones, simplificando su análisis, como ser: su comportamiento en planos inclinados, modificando su inclinación, lo que repercute en la variación de altura del cuerpo de un estado a otro, y por ende la variación de energía potencial del sistema. Situación sencilla de resolver por este proceso de cálculo.

Mencionado lo anterior, con los datos y ecuaciones antes listados resulta factible a futuro, confeccionar una planilla de Excel para facilitar la operatoria de análisis del comportamiento del VMP expuesto a diferentes situaciones. El principal motivo radica en la cantidad de posibles valores y parámetros a modificar.

11.3 -Anexo C – Elementos Electrónicos

11.3.1 Sensor Hall

De forma resumida, un sensor de efecto hall es un dispositivo transductor utilizado para detectar y generar tensión ante la presencia de un campo magnético. Están diseñados para inducir tensión como una salida cuando un campo magnético se halla presente. La tensión de salida puede variar según la magnitud del campo magnético. En base a este principio de funcionamiento el **acelerador de gatillo** del VMP cuenta con un imán, encargado de variar la magnitud del campo magnético, y un sensor de efecto hall alimentado (por lo general con 5 *voltios*) el cual indica la posición del acelerador al controlador. La mayoría de los componentes estándares utilizados como aceleradores traen incorporados el modelo ***Sensor Hall Linear 49E***.

Las conexiones son universales, siendo el cable rojo la alimentación positiva (5 *voltios*), el cable negro el negativo (0 *voltios*) y el cable blanco o verde la señal de salida lineal (la respuesta al movimiento). Sin embargo, para evitar un error en la lectura, si bien la alimentación del dispositivo corresponde a 5 *voltios*, el acelerador en posición cero, digamos sin movimiento alguno, sostiene una señal de voltaje de referencia de $\cong 0,8$ *voltios* aproximadamente, y no 0 *voltios*. De igual forma, con el acelerador en máximo movimiento la tensión leída corresponde a $\cong 4,3$ *voltios*.

Dentro de los sensores Hall utilizados en componentes como el acelerador podemos distinguir 2 tipos:

Sensor positivo unipolar Hall

La salida de este interruptor se activa mediante un campo magnético positivo correspondientemente fuerte (polo "S"). La salida se desactiva cuando falta este campo (alcanza un valor por debajo del umbral de activación).

Sensor Hall negativo unipolar

La salida de este interruptor se activa mediante un campo magnético negativo correspondientemente fuerte (polo "N"). La salida se desactiva cuando falta este campo (alcanza un valor por debajo del umbral de activación).

Normalmente el sensor se encuentra fijado sobre la carcasa del acelerador, mientras que el imán se monta en la parte móvil del acelerador. De esta manera al accionar el acelerador el imán varía su cercanía respecto al sensor, de forma tal que el voltaje de referencia de este cambia, transmitiendo la posición relativa del acelerador al controlador, encargado de comunicar al motor la potencia a suministrar en ese momento.

En cuanto al tipo de salida normalmente en este tipo de aplicaciones se utilizan Sensores Hall lineales: miden la intensidad del campo magnético en una dirección específica y producen una señal de voltaje proporcional a esa medición. Se utilizan en aplicaciones donde se necesita medir la posición o la velocidad lineal.

Análogamente se utiliza este principio de funcionamiento para el accionamiento del freno eléctrico (freno motor) a través de la **palanca de freno**, incorporando el mismo modelo de sensor: ***Sensor Hall Linear 49E***, pudiendo ser reemplazado por un sensor ***Sensor Hall Linear OCH1931***, siendo inapreciable la diferencia de comportamiento del VMP ante el uso de uno u otro.

Una de las ventajas de los sensores Hall es su alta precisión y sensibilidad, lo que los hace ideales para aplicaciones que requieren mediciones precisas y en tiempo real. Además, son capaces

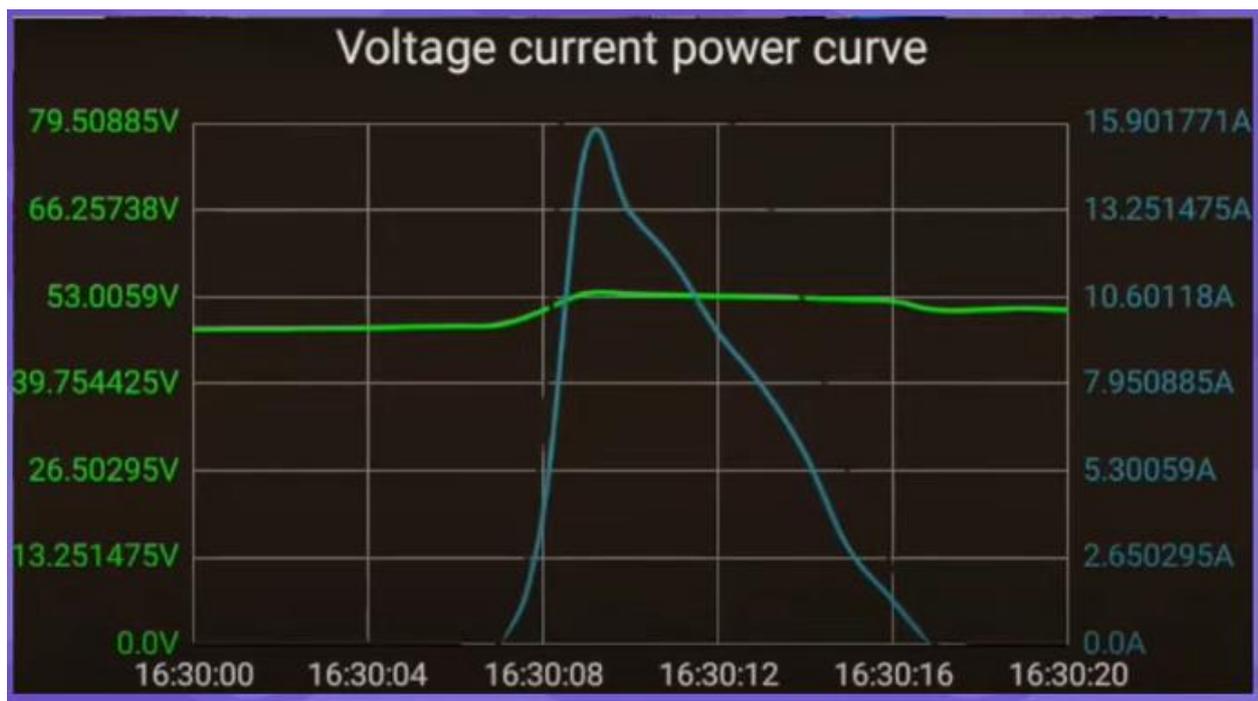
de detectar campos magnéticos muy débiles y su tamaño reducido los hace ideales para su uso en dispositivos portátiles y sistemas electrónicos de alta densidad.

11.3.2 Freno Regenerativo

De forma conceptual el sistema de freno regenerativo, reutiliza la energía de frenado, que comúnmente se disipa al entorno exterior en forma de calor, para almacenarla nuevamente en la batería. Recordemos que la energía almacenada en la batería es utilizada para producir el movimiento del VMP. El responsable de permitir esta conversión de energía mecánica a energía eléctrica, y viceversa es el motor.

De esta manera el uso de un sistema de freno regenerativo (freno eléctrico) es posible siempre y cuando el motor eléctrico utilizado lo permita, sea compatible con dicho sistema. Por lo tanto, nos encontramos frente a una maquina eléctrica bidireccional. Al momento de acelerar, inducir el movimiento del VMP esta máquina eléctrica funciona como motor absorbiendo energía almacenada (conversión energía eléctrica – energía mecánica). En el instante de frenado, automáticamente la maquina eléctrica cambia su rol a generador eléctrico, almacenando energía (conversión energía mecánica – energía eléctrica). En fin, el uso de este sistema es realmente eficiente, recuperando energía en los frenados provocados, recuperando entre un 10 – 20% teórico.

A continuación, se presentan datos obtenidos de mediciones reales, donde es posible apreciar la eficiencia, el porcentaje real recuperado de energía, ante el uso de un sistema de freno regenerativo.



En la gráfica anterior (instantánea) de una medición, visualizamos el voltaje actual y la corriente recuperada que ingresa a la batería en una situación de frenado regenerativo. El valor de corriente máximo recuperado corresponde a 15,9 A en un frenado de 9 segundos

De esta manera podemos estimar la energía recuperada:

Donde ...

$$\text{Duracion de frenado: } t = 9[s] = 2,5 * 10^{-3}[h]$$

$$\text{Corriente promedio: } A_p = 8[A]$$

$$\text{Entonces} \Rightarrow \text{Energía recuperada durante el frenado} \rightarrow e_{rec} = A_p * t = 0,02 \left[\frac{A}{h} \right]$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta la tensión actuante, determinamos la potencia recuperada:
Sea ...

$$\text{Tension: } U = 53[V]$$

$$\text{Entonces} \Rightarrow \text{Potencia recuperada durante el frenado} \rightarrow P_{rec} = A_p * U = 1,02 \left[\frac{W}{h} \right]$$

Tengamos en cuenta que estos valores son de referencia, como datos numéricos que corresponden a la situación en cuestión, utilizando ese controlador, motor, peso actuante y condiciones en particular.

Ahora bien, podemos estimar la siguiente situación:

Si circulamos durante un tramo de 20 km y realizamos en ese desplazamiento 20 frenados, contemplando, en base a otras mediciones que se gastan 300 [w/h] para realizar el trayecto.... Determinamos el porcentaje de recuperación por freno regenerativo.

$$\text{Potencia recuperada en 1 frenado: } P_{rec} = 1,02 \left[\frac{W}{h} \right]$$

$$\text{Frenados totales: } C = 20$$

$$\text{Recorrido: } x = 20 [km]$$

$$\text{Potencia gastada: } P = 300 \left[\frac{W}{h} \right]$$

$$\text{Entonces} \Rightarrow \text{Potencia recuperada \%} \rightarrow \%P_{rec} = \frac{P_{rec} * C}{P} * 100 \cong 7 \left[\frac{W}{h} \right]$$

Este porcentaje de recuperación $\%P_{rec} = 7 \left[\frac{W}{h} \right]$ va a variar en función de cada vehículo y de las condiciones en las que opere, siendo en este caso algo menor al porcentaje teórico 10 – 20% esperado. Sin embargo, es un valor numérico que nos da indicio de la eficiencia del sistema regenerativo, pudiendo incrementar su rendimiento en un uso urbano con una correcta aplicación (anticipando los detenimientos), realizando la maniobra de frenado de forma gradual, cualidad que se hace con la experiencia.

Una observación relevante de la gráfica, es visualizar que cuando la batería se encuentra en proceso de carga durante el frenado su nivel de tensión se eleva. Luego del frenado, la batería mantiene este valor mayor de tensión, por lo que en la siguiente maniobra de aceleración tendremos una mejoría, incrementando el desempeño del sistema.

Vale mencionar, que, dependiendo el modelo de controlador utilizado, este puede permitir ser desactivado.

Entre otras ventajas, además de la recuperación de energía, se puede resaltar la disminución de desgaste del freno mecánico, su independencia de las condiciones ambientales externas y sistemas adicionales para su funcionamiento, salvo la compatibilidad del controlador, batería y motor.

11.3.1 Controlador

En cuanto a las conexiones es relevante destacar aquella que recibe el nombre de “*Self Study*”, como indica su traducción hace referencia a una auto programación, auto estudio. Función que permite configurar el giro (orientación de las bobinas) y el voltaje de trabajo del motor de manera automática. Controla la dirección de giro y sincronización del motor (efecto hall), permite adaptación.

Método de conexión:

Una correcta conexión de esta característica auto estudio, del controlador, es sin tener conexión entre la batería y el controlador, pero si con el motor, conectar las fichas correspondientes a Self Study y luego establecer conexión con la batería. De esta manera automáticamente el motor comenzara a girar en un sentido determinado, no se debe desconectar la conexión Self Study hasta que el motor se detenga por sí solo, ya que de esta manera se auto programa el giro del motor, la sincronización de las bobinas y auto detecta el voltaje de suministro de la batería. En caso de que la orientación del giro del motor no sea el adecuado, NO se debe desconectar el Self Study, se debe desconectar la batería, aguardar 5-10 seg y vuelve a establecer conexión, automáticamente el motor comenzara a girar hacia el lado contrario. Siempre se debe aguardar que el motor se detenga por si solo para una correcta programación.

Con lo dicho anteriormente se evitan errores en la programación del controlador, ya que, si se detiene el motor antes de que este lo realice por sí solo, el controlador suele detectar de manera incorrecta el voltaje de la batería, detectando baterías de 36V como baterías de 48V que se encuentran descargadas o con poca vida útil ocasionando inconvenientes en el control y desempeño del VMP. Por este motivo, muchas veces se llega a la errónea conclusión de que controladores se encuentran defectuosos desechándolos sin sentido alguno.

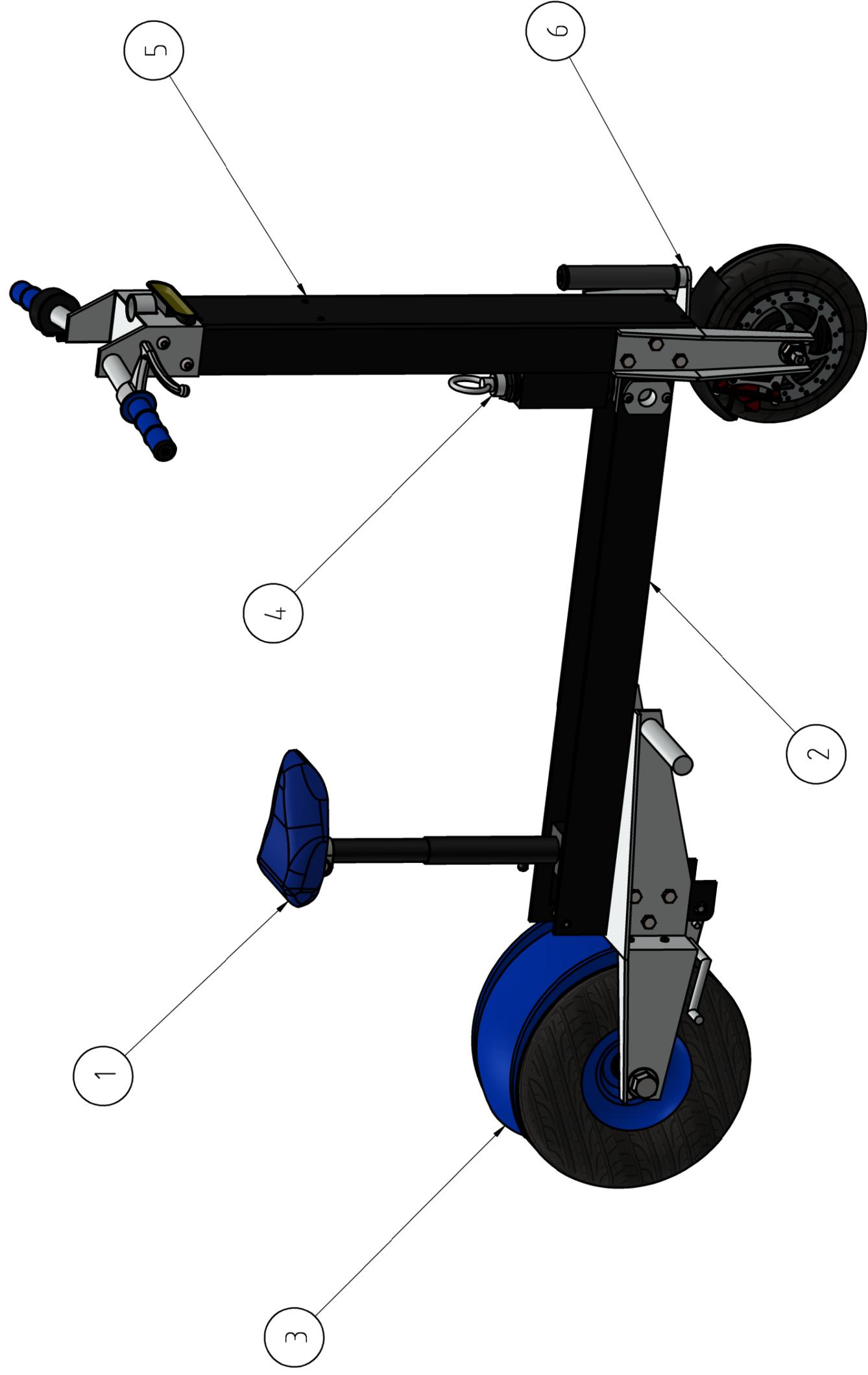
Anomalías:

Sin embargo, cabe destacar que, en algunos pocos casos, al realizar el proceso correcto de conexión y configuración algunos controladores no detienen el motor por sí solo. Entonces, en estos casos, debemos dejar que el motor funcione por 2 min aproximadamente (por seguridad) normalmente deberían configurarse en 1 min. Así, garantizamos que el controlador universal quede configurado correctamente.

Estas consideraciones de conexión/configuración no se especifican en las características y/o manual del controlador y son meramente importantes a fin de garantizar un desempeño adecuado del VMP.

Señal de salida:

Otro dato importante a mencionar, en cuanto al controlador seleccionado, es que para lograr una mayor eficiencia del vehículo se optó por un controlador de motor del tipo sinusoidal, de mayor rendimiento que un controlador estándar por impulso (por picos) trapezoidal. El control sinusoidal ofrece un desempeño más suave, es una tecnología mucho más reciente que la transmisión trapezoidal estándar, al existir menos engranajes en el motor y la corriente pasa suavemente entre cada paso de conmutación se pueden lograr velocidades mucho más bajas, incrementando el par, obteniendo un rendimiento preciso y confiable a bajas velocidades. Al encender y apagar suavemente las fases a medida que gira el rotor (en lugar de encenderlas y apagarlas como el patrón trapezoidal), el motor puede ser más silencioso, más suave y beneficiarse de un par más alto.



Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	MATERIAL
6	1	HORQUILLA	-	Plano V006-00-00	Aluminio 6061 T4/ABS
5	1	FRENTE	-	Plano V005-00-00	Aluminio 6061 T4
4	1	TRABA	-	Plano V004-00-00	Al 6061 T4/Bronce SAE 660/Nylon 6
3	1	HORQUILLON	-	Plano V003-00-00	Aluminio 6061 T4/ABS
2	1	BASE	-	Plano V002-00-00	Aluminio 6061 T4
1	1	PLAZA	-	Plano V001-00-00	Aluminio 6061 T4
Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	MATERIAL

Tolerancia general
IRAM ISO
2768-mH

Fecha
24/11

Nombre
Parizzia
Srayh

Cliente
PROYECTO FINAL

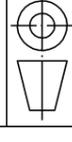
UTN
Facultad Regional Sta. Fe

Denominacion



1:5

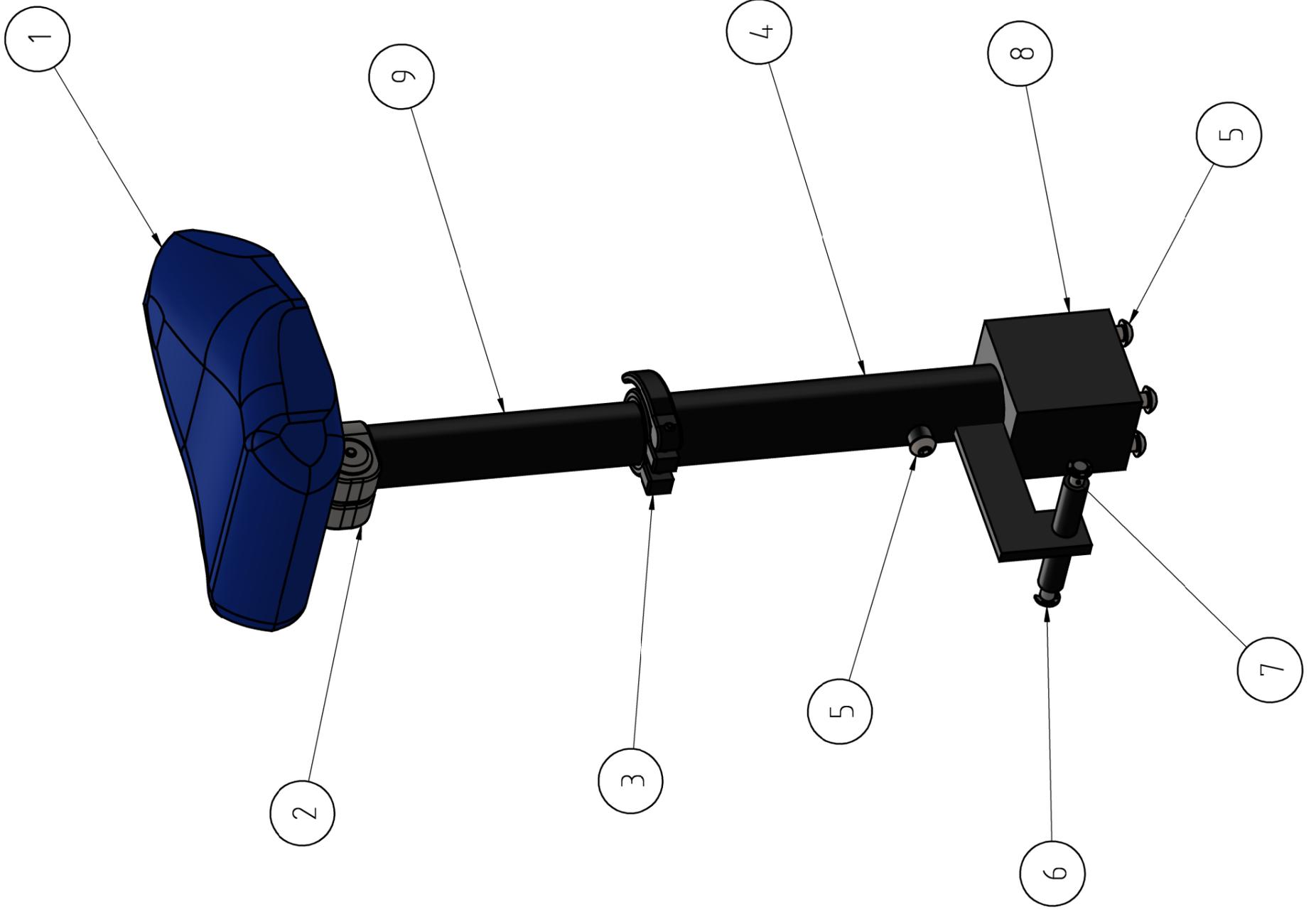
VEHICULO ELECTRICO



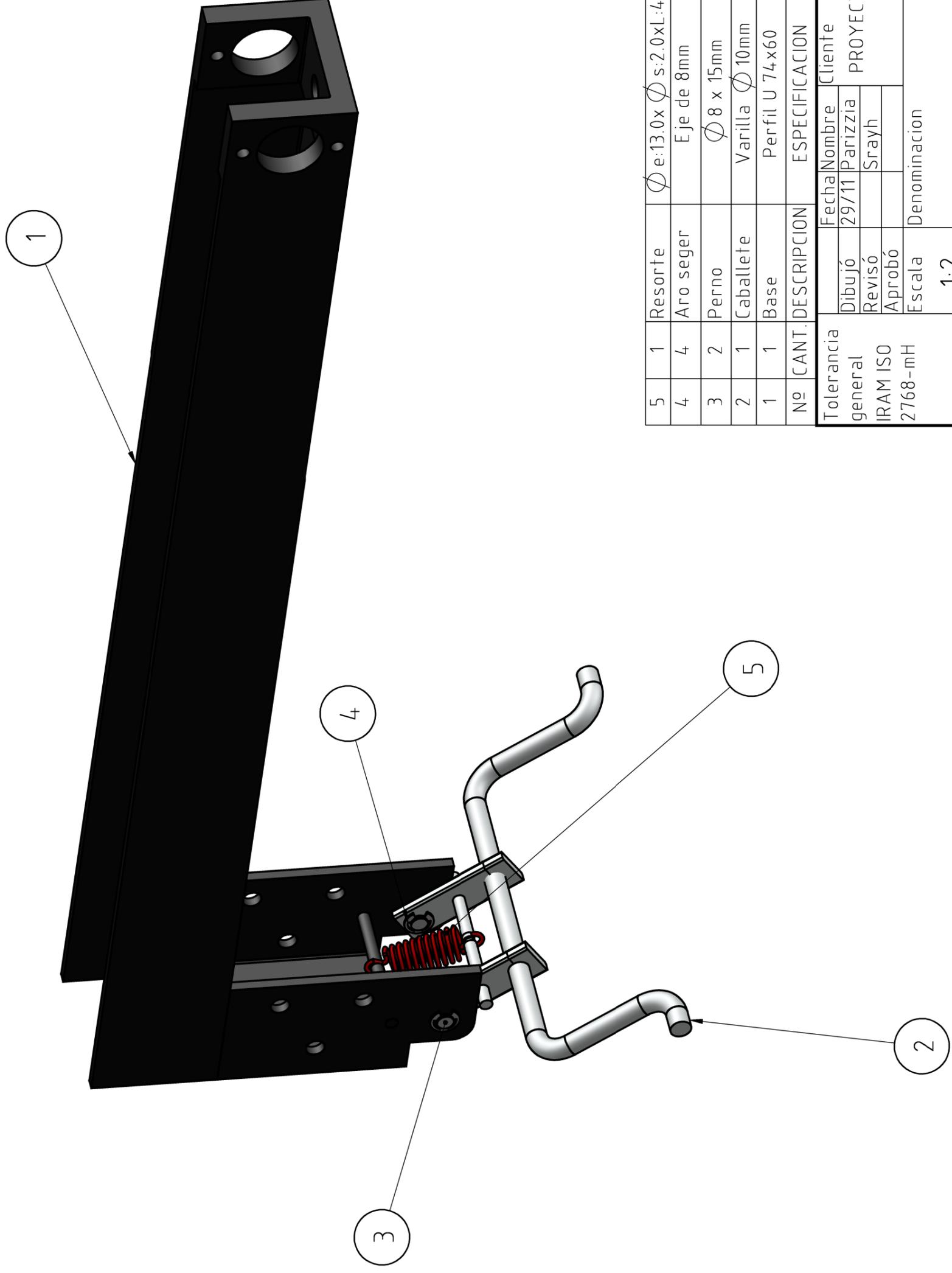
Formato
A3

Plano N° V000-00-00

Hoja 1 de 1



9	1	Vela	-	Plano V001-04	Aluminio 6061 T4
8	1	Cuerpo	40x50x52mm	Plano V001-03	Aluminio 6061 T4
7	1	Pasador	Ø 6 x 80mm	Plano V001-02	Aluminio 6061 T4
6	2	Aro seger	Eje de 6mm	Pieza estandar	Acero SAE 1070
5	5	Bulon	M6 x 12mm	Pieza estandar	Acero AISI C1010
4	1	Bisagra	-	Plano V001-01	Aluminio 6061 T4
3	1	Abrazadera	-	Pieza estandar	Aluminio
2	1	Soporte	-	Pieza estandar	Acero comercial
1	1	Asiento	-	Pieza estandar	Espuma poliuretano/Tela
Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	MATERIAL
Tolerancia general		Cliente			
IRAM ISO 2768-mH		Dibujó	Fecha	Nombre	PROYECTO FINAL
		Revisó	29/11	Parizzia	UTN
		Aprobó		Srayh	Facultad Regional Sta. Fe
		Escala	Denominacion		
		1:2	CONJUNTO PLAZA		
		Formato A3			
		Plano Nº V001-00-00			
		Hoja 1 de 1			



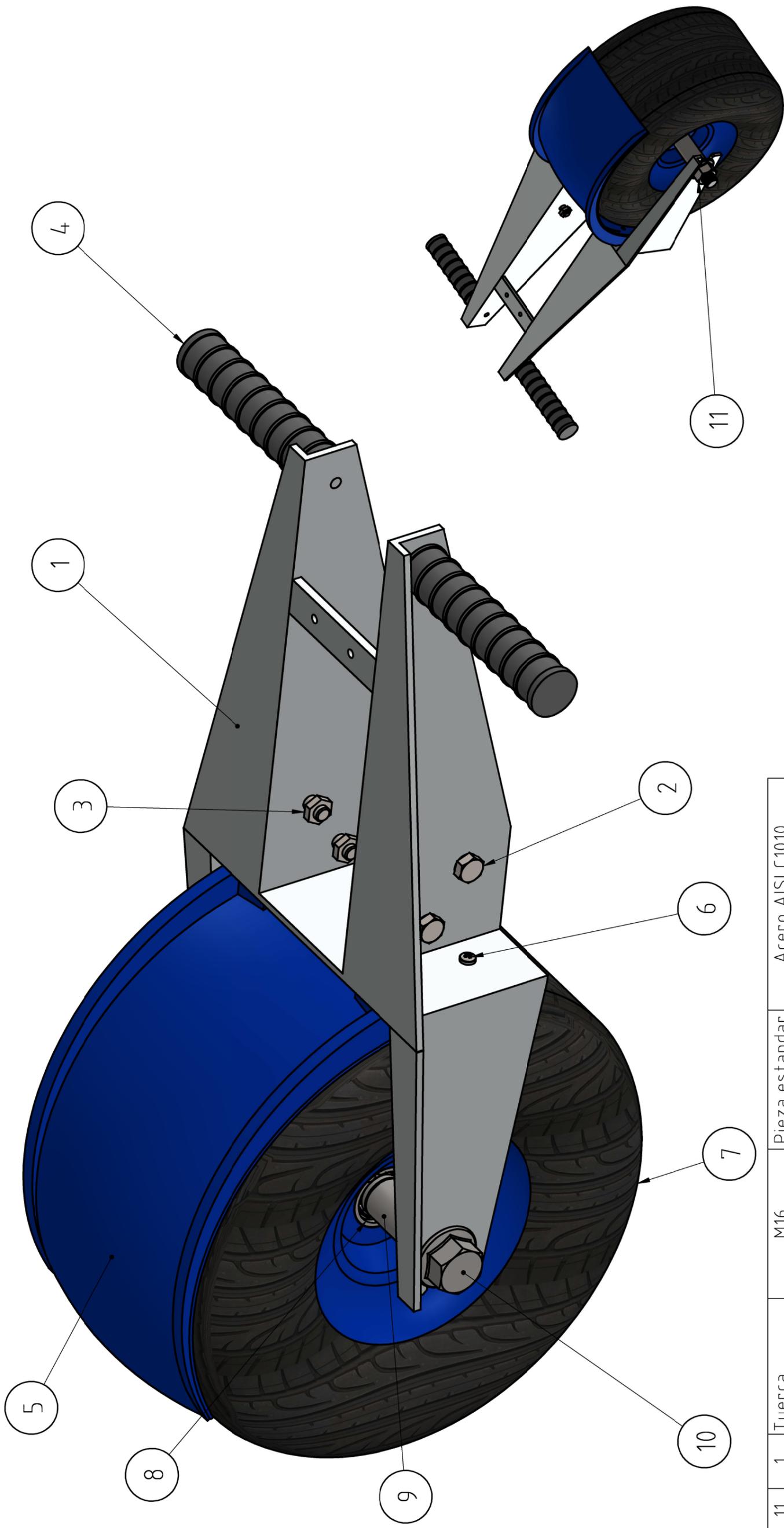
5	1	Resorte	\varnothing e:13.0x \varnothing s:2.0xL:43	Pieza estandar	Acero SAE 1070
4	4	Aro seger	Eje de 8mm	Pieza estandar	Acero SAE 1070
3	2	Perno	\varnothing 8 x 15mm	Plano V002-03	Aluminio 6061 T4
2	1	Caballote	Varilla \varnothing 10mm	Plano V002-02	Aluminio 6061 T4
1	1	Base	Perfil U 74x60	Plano V002-01	Aluminio 6061 T4
Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	MATERIAL

Tolerancia general	IRAM ISO 2768-mH	Fecha	29/11	Nombre	Parizzia	Cliente	UTN
		Dibujó		Revisó	Srayh	PROYECTO FINAL	Facultad Regional Sta. Fe
		Aprobó					
		Escala	1:2	Denominacion			

CONJUNTO BASE

Plano Nº V002-00-00

Hoja 1 de 1

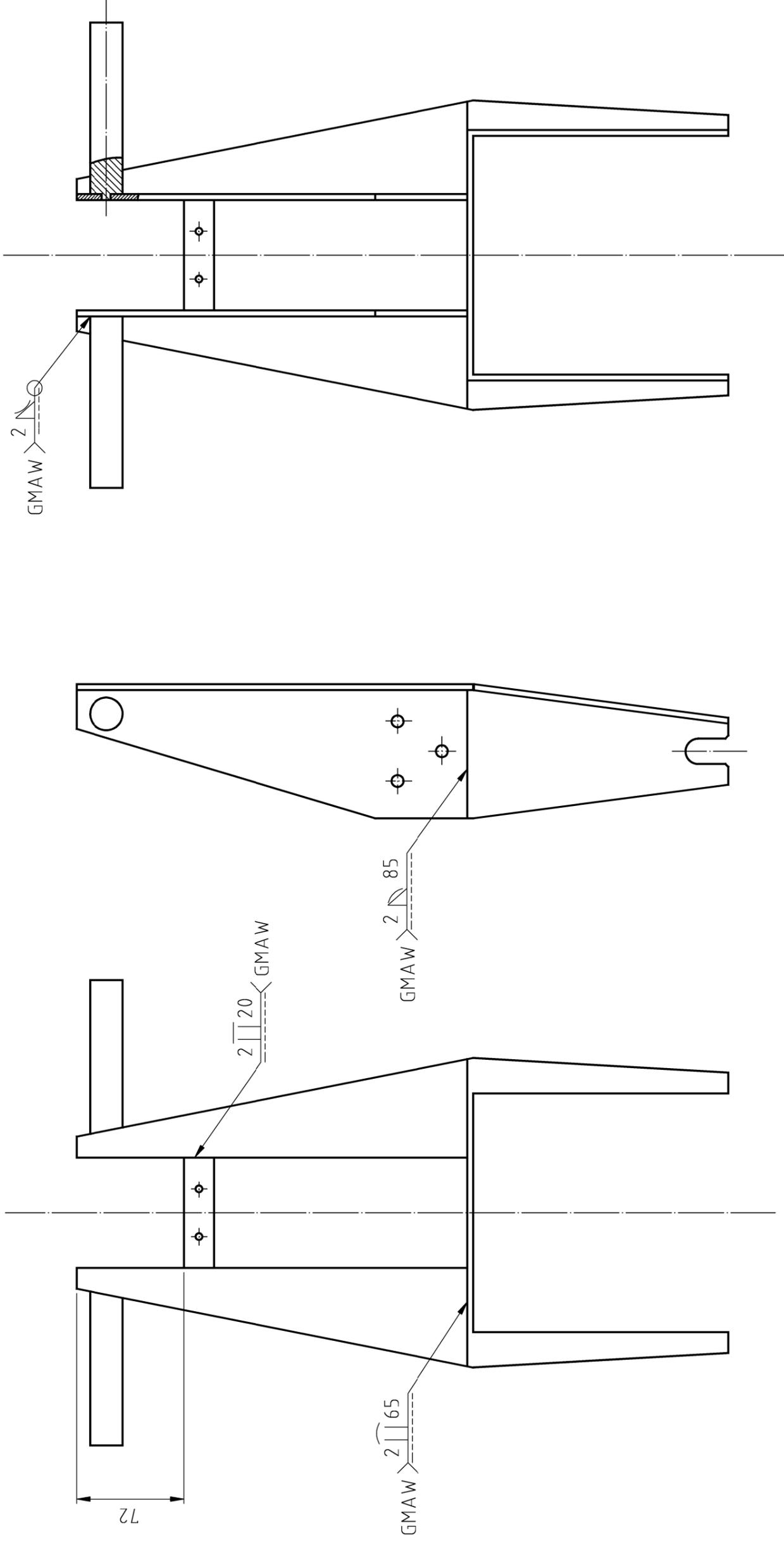


ESCALA 1:5

Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	MATERIAL
11	1	Tuerca	M16	Pieza estandar	Aceros AISI C1010
10	1	Eje roscado	M16 x 195mm	Plano V003-04	Aceros AISI C1010
9	2	Buje	-	Plano V003-03	Aluminio 6061 T4
8	2	Rodamiento	SKF 6003 2RS	Pieza estandar	Aceros aleados
7	1	Rueda	11 x 5.00 - 5	Pieza estandar	Aluminio/Cauchos
6	4	Bulon	M4 x 16mm	Pieza estandar	Aceros AISI C1010
5	1	Guardabarros	-	Plano V003-02	ABS
4	2	Posapie	Ø 22 x 130mm	Pieza estandar	Goma
3	6	Tuerca	M8	Pieza estandar	Aceros AISI C1010
2	6	Tornillo	M8 x 16mm	Pieza estandar	Aceros AISI C1010
1	1	Horquilla	-	Plano V003-01	Aluminio 6061 T4
Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	MATERIAL

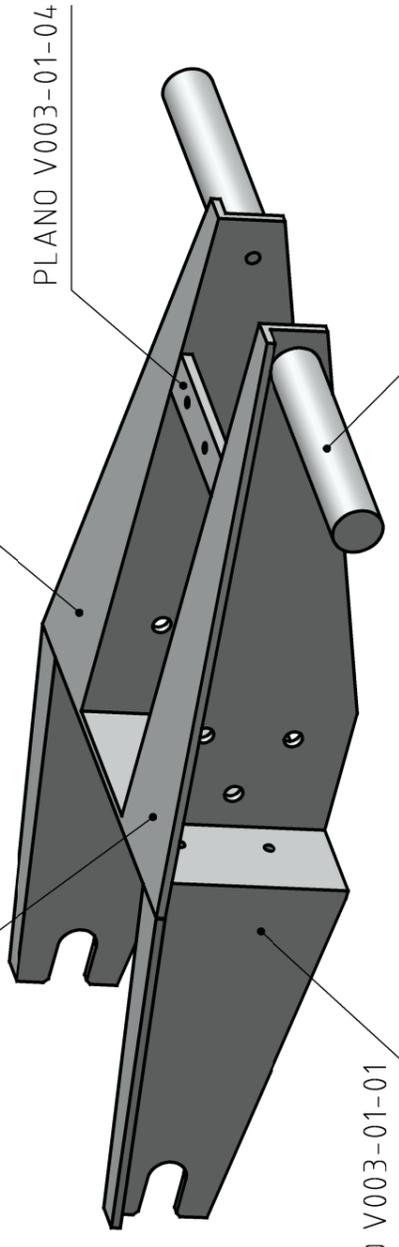
Tolerancia general		IRAM ISO 2768-mH		Fecha		Nombre		Cliente		UTN	
				Dibujó		Parizzia		PROYECTO FINAL		Facultad Regional Sta. Fe	
				Revisó		Srayh					
				Aprobó							
				Escala		1:2		Denominación			
								CONJUNTO HORQUILLON			
										Plano N° V003-00-00	
										Hoja 1 de 1	





PLANO V003-01-03

PLANO V003-01-02

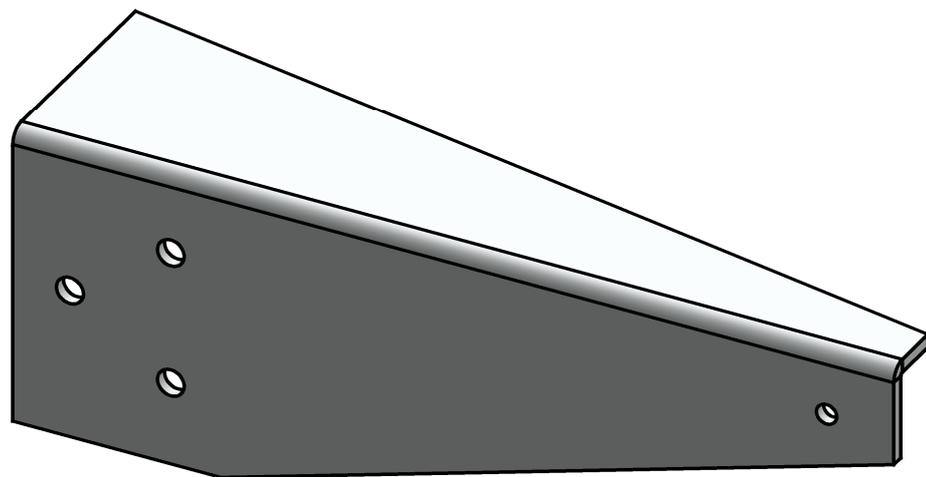
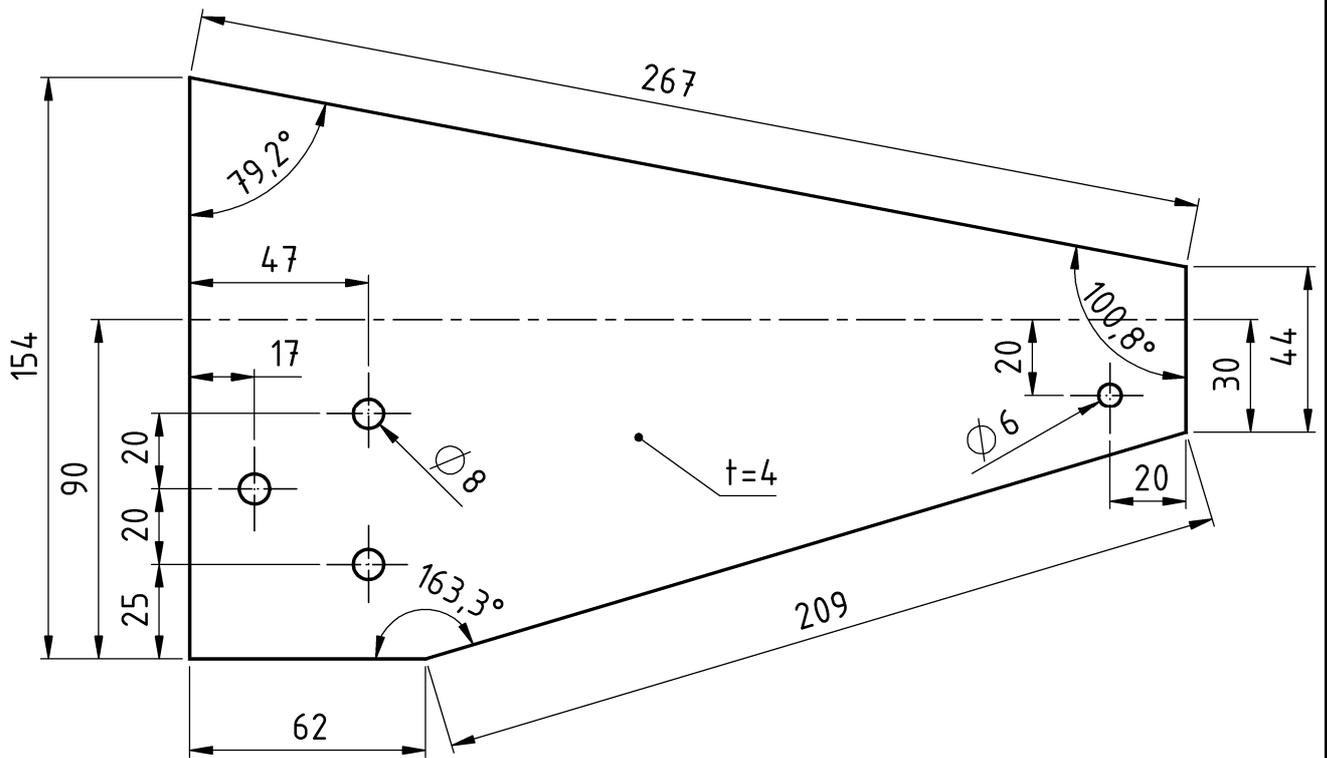


PLANO V003-01-01

PLANO V003-01-05

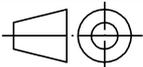
ESCALA 1:3

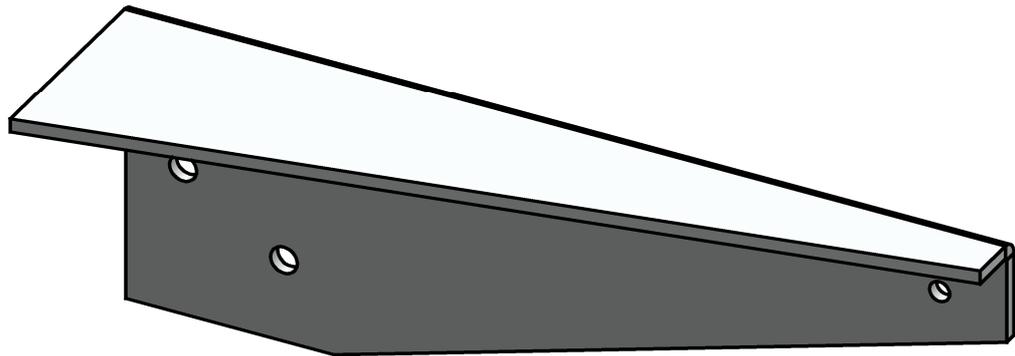
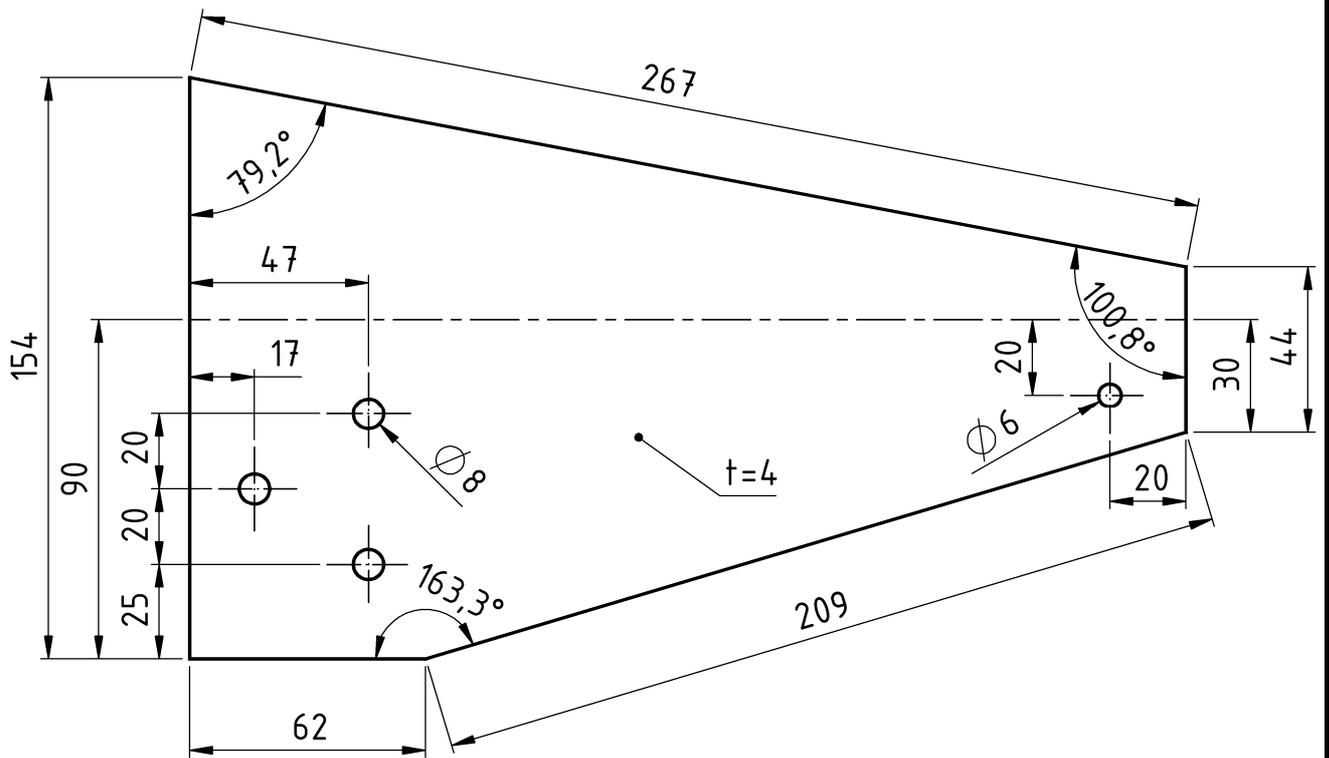
Tolerancia general IRAM ISO 2768-mH		Fecha 10/12		Nombre Parizzia		Cliente PROYECTO FINAL		UTN Facultad Regional Sta. Fe	
Dibujó		Revisó		Aprobó		Denominación		 Plano N° V003-01-00 Hoja 1 de 1	
Escala 1:3		Formato A3		Denominación CONJUNTO HORQUILLON					



PLEGADO - ESCALA 1:2

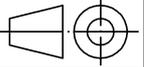
Radio de pliegue de 2mm

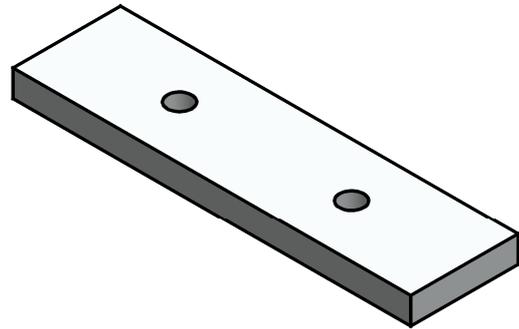
Tolerancias generales IRAM ISO2768-mH	Proyectó	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	12/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
	Revisó		Srayh		
	Aprobó				
	Escala	Denominación			
	1:2	SOPORTE LATERAL IZQUIERDO			
					Plano Nº V003-01-02
	Formato A4				Hoja 1 de 1



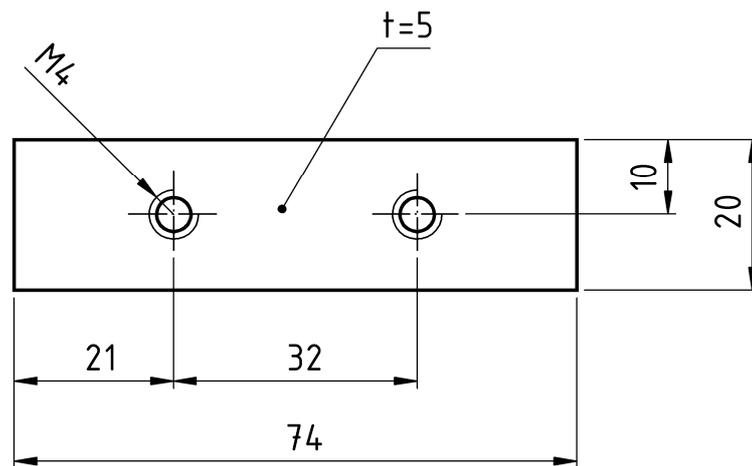
PLEGADO - ESCALA 1:2

Radio de pliegue de 2mm

Tolerancias generales IRAM ISO2768-mH	Proyectó	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	12/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
	Revisó		Srayh		
	Aprobó				
	Escala	Denominación			
	1:2	SOPORTE LATERAL DERECHO			
					Plano Nº V003-01-03
	Formato A4				Hoja 1 de 1

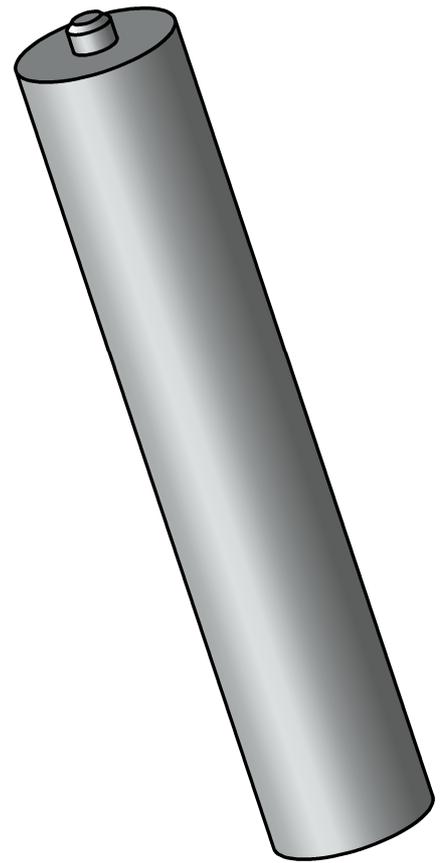
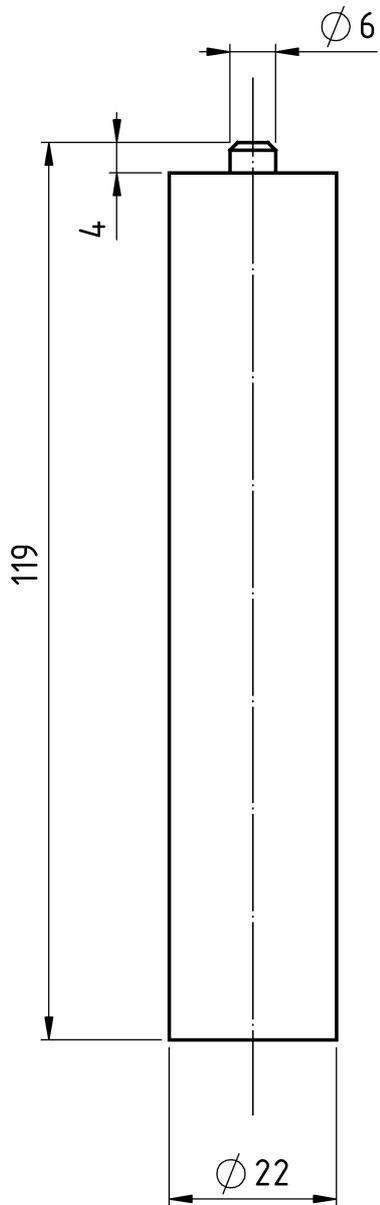


ESCALA 1:1



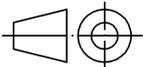
Material: Aluminio 6061 T4

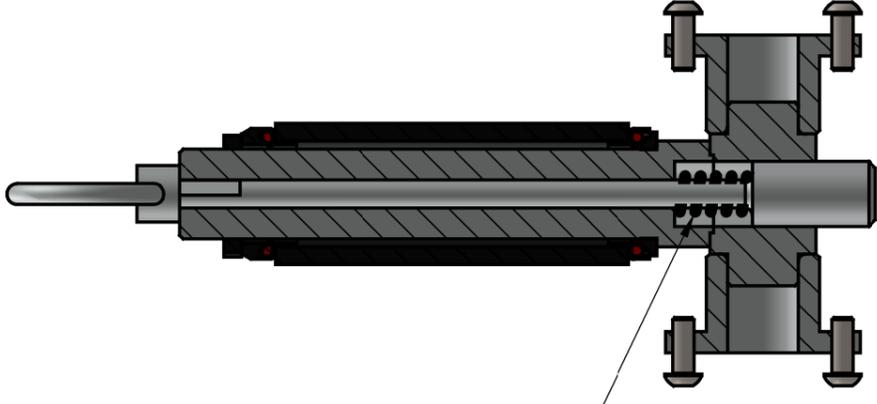
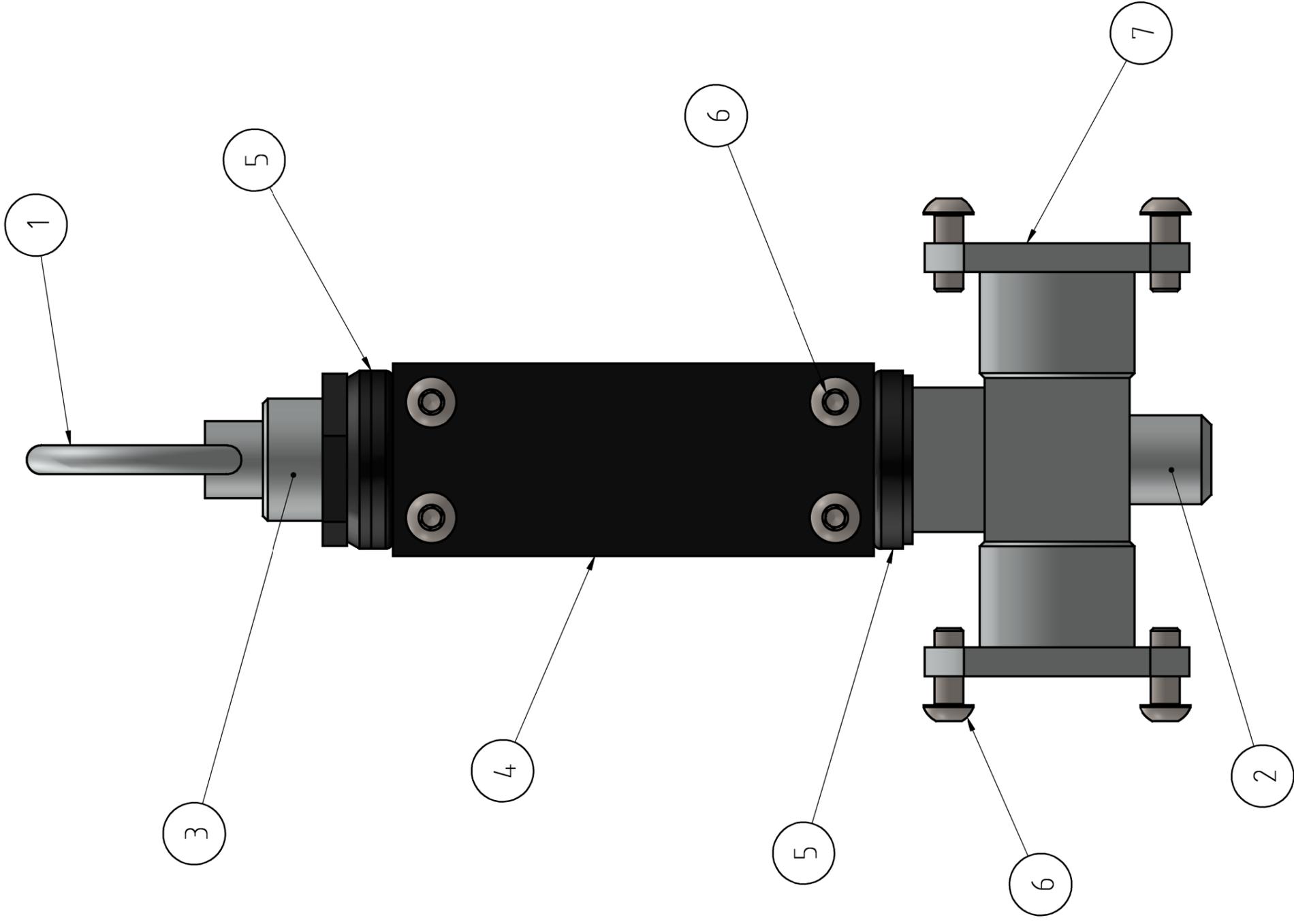
Tolerancias generales IRAM ISO2768-mH	Proyectó	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	11/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
	Revisó		Srayh		
	Aprobó				
	Escala 1:1	Denominación			
	 Formato A4	REFUERZO			
					Plano N° V003-01-04
					Hoja 1 de 1



ESCALA 1:1

Material: Aluminio 6061 T4
 Chanfes presentes en el plano: 1x45°

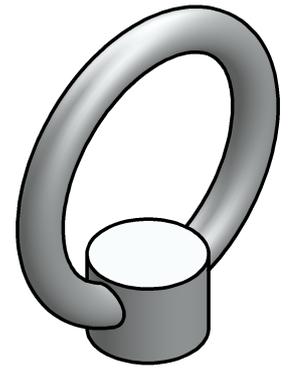
Tolerancias generales IRAM ISO2768-mH	Proyectó	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	11/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
	Revisó		Srayh		
	Aprobó				
	Escala	Denominación			
	1:1	POSAPIE			
					Plano Nº V003-01-05
	Formato A4				Hoja 1 de 1



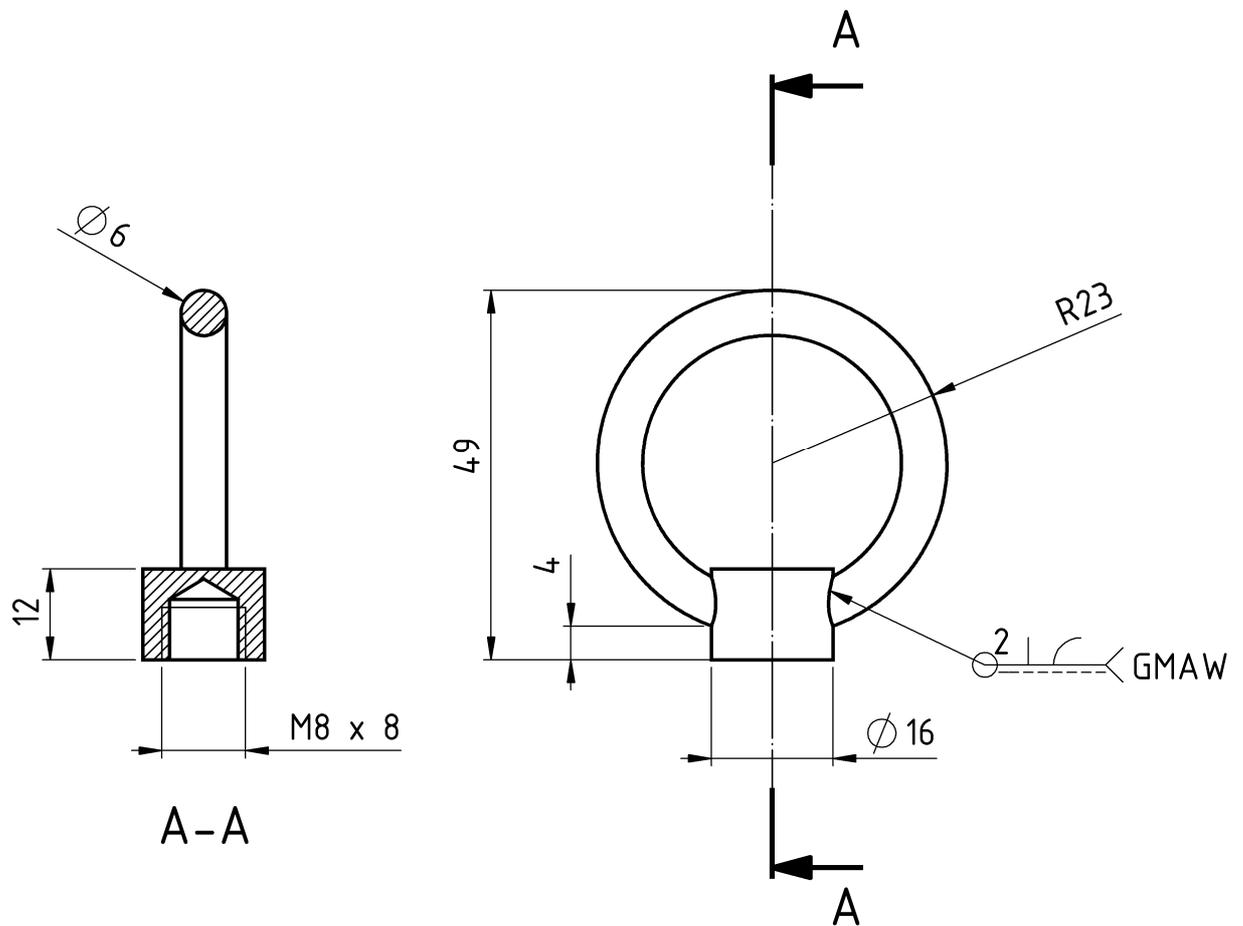
CORTE PARCIAL - ESCALA 1:2

Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	MATERIAL
8	1	Resorte	$\varnothing e:15x s:2,25xL:24$	Pieza estandar	Acero ASTM A227
7	2	Buje	-	Plano V004-05	Nylon 6
6	8	Bulon	M6 x 12mm	Pieza estandar	Acero AISI C1010
5	1	Direccion	Rosca W 1x24	Pieza estandar	-
4	1	Cuerpo	-	Plano V004-04	Aluminio 6061 T4
3	1	Bisagra	-	Plano V004-03	Aluminio 6061 T4
2	1	Pestillo	-	Plano V004-02	Acero SAE 1035
1	1	Agarre	-	Plano V004-01	Aluminio 6061 T4

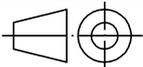
Tolerancia general		Fecha		Nombre		PROYECTO FINAL	
IRAM ISO 2768-mH		30/11		Parizzia		UTN	
		Srayh		Denominacion		Facultad Regional Sta. Fe	
Escala		1:1		CONJUNTO TRABA			
Formato A3						Plano Nº 004-00-00	
						Hoja 1 de 1	

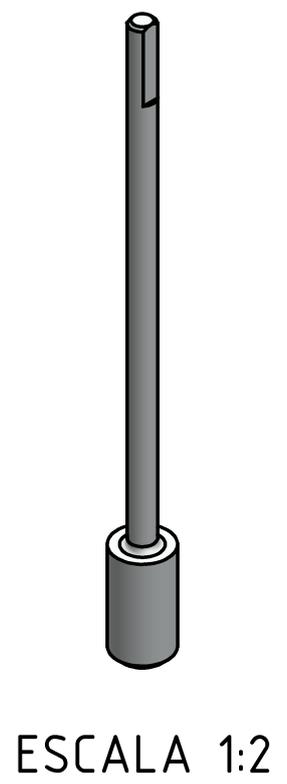
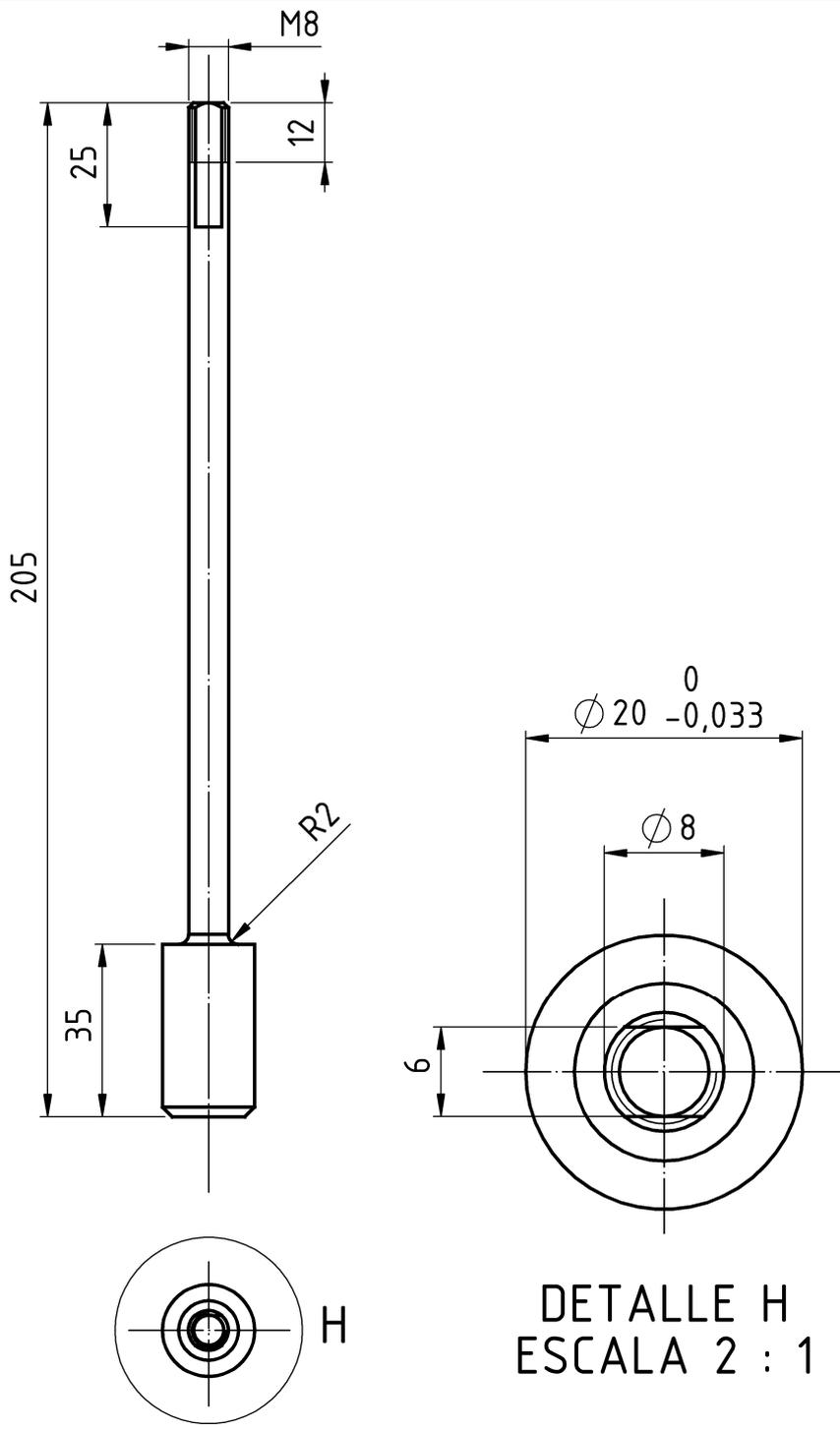


ESCALA 1:1



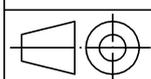
Material: Aluminio 6061 T4

Tolerancias generales IRAM ISO2768-mH	Proyectó	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	02/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
	Revisó		Srayh		
	Aprobó				
	Escala	Denominación			
	1:1	AGARRE			
					
	Formato				Plano N° V004-01-00
	A4				Hoja 1 de 1



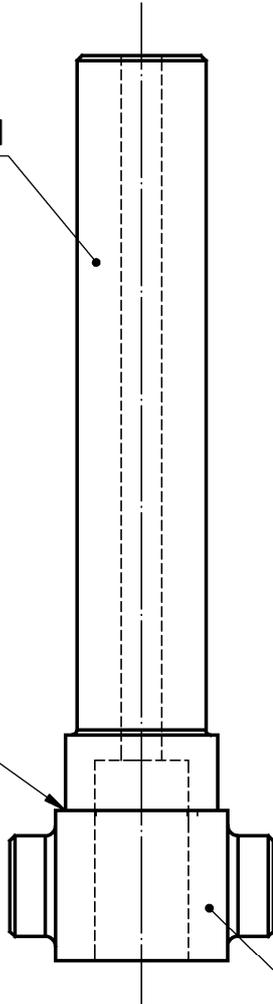
DETALLE H
ESCALA 2 : 1

Chanfles presentes en el plano: 1x45°
Material: Acero SAE 1035

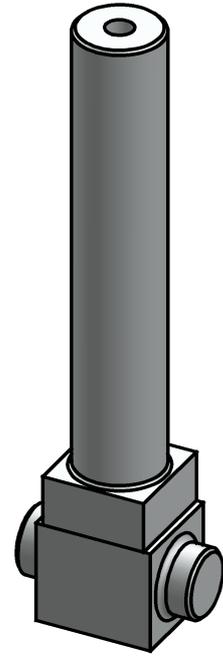
Tolerancias generales IRAM ISO2768-mH	Proyecto	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	02/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
	Revisó		Srayh		
	Aprobó				
	Escala	Denominación			
	1:1.5	PESTILLO			
					Plano Nº V004-02-00
	Formato A4				Hoja 1 de 1

PLANO Nº V004-03-01

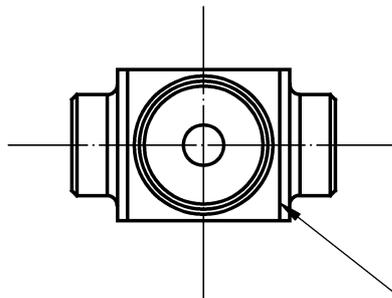
GMAW 2 30



PLANO Nº V004-03-02

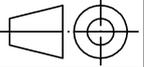


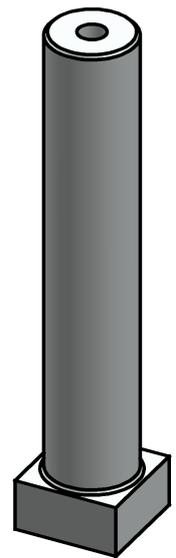
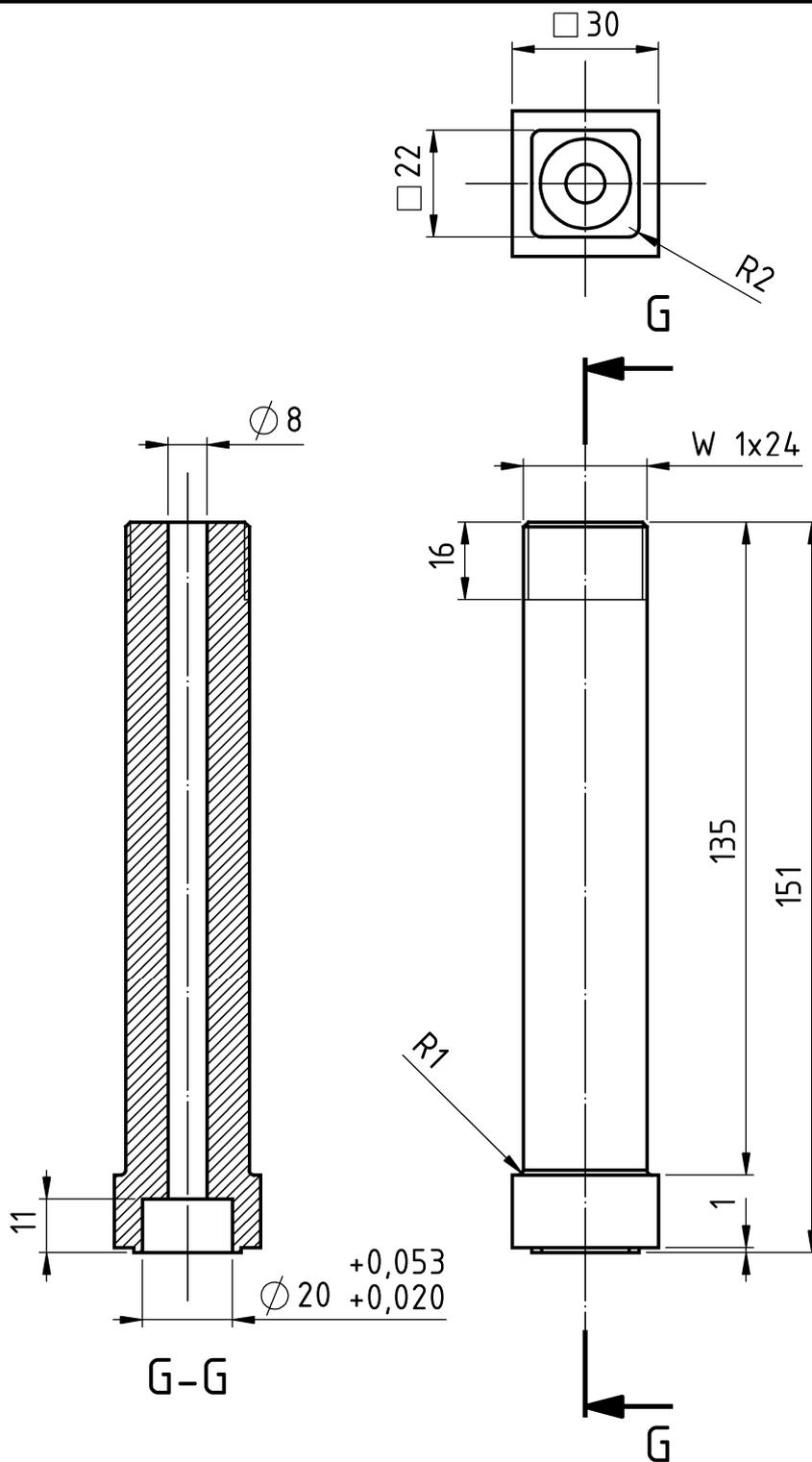
ESCALA 1:2



2 30 GMAW

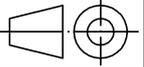
Material: Aluminio 6061 T4

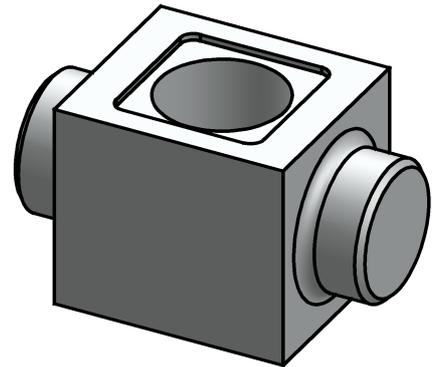
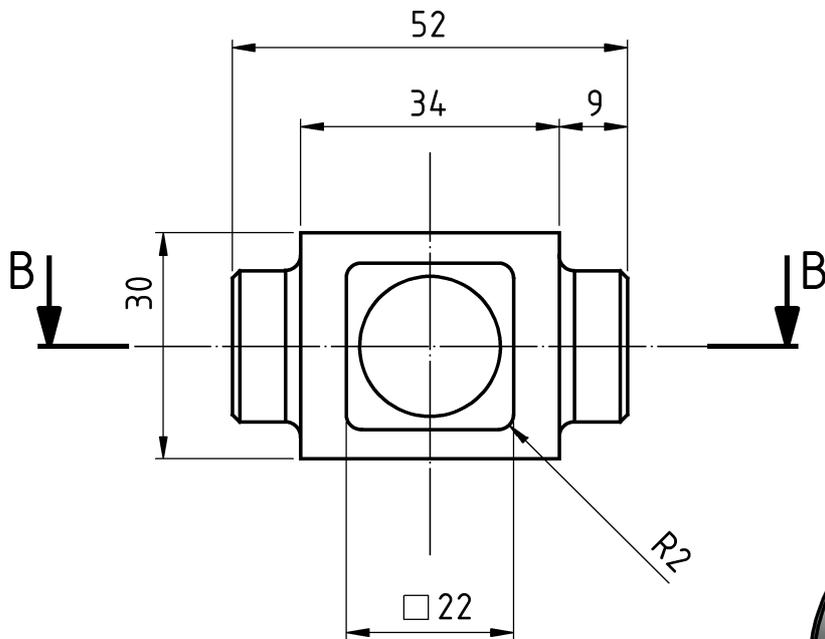
Tolerancias generales	Proyectó	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	02/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
IRAM ISO2768-mH	Revisó		Srayh		
	Aprobó				
	Escala	Denominación			Plano Nº V004-03-00
	1:1.5	BISAGRA			
					Hoja 1 de 1
	Formato A4				



ESCALA 1:2

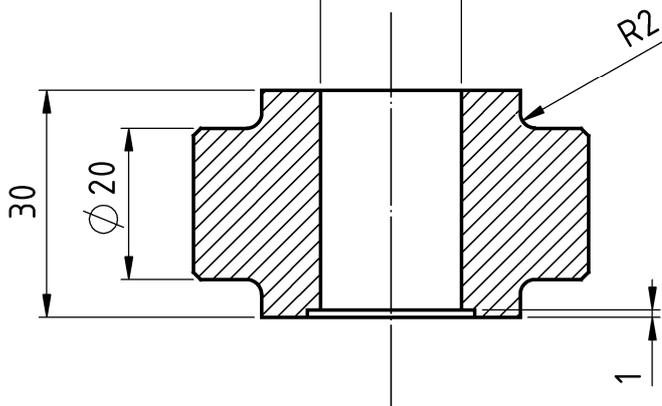
Material: Aluminio 6061 T4
 Chanfles presentes en el plano: $1 \times 45^\circ$

Tolerancias generales IRAM ISO2768-mH	Proyectó	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	02/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
	Revisó		Srayh		
	Aprobó				
	Escala	Denominación			 Plano N° V004-03-01 Hoja 1 de 1
	1:1.5	BARRA MAYOR			
	 Formato A4				



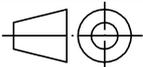
ESCALA 1:1

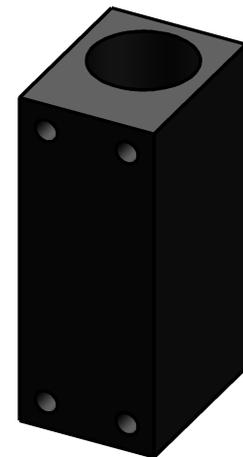
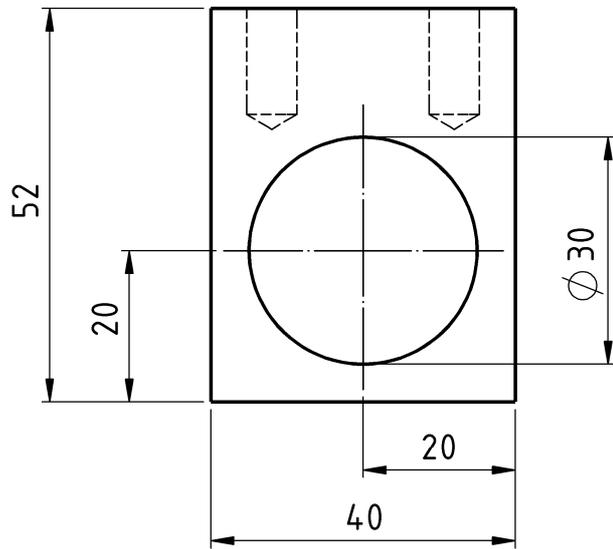
$\varnothing 20$ $+0,053$
 $+0,020$



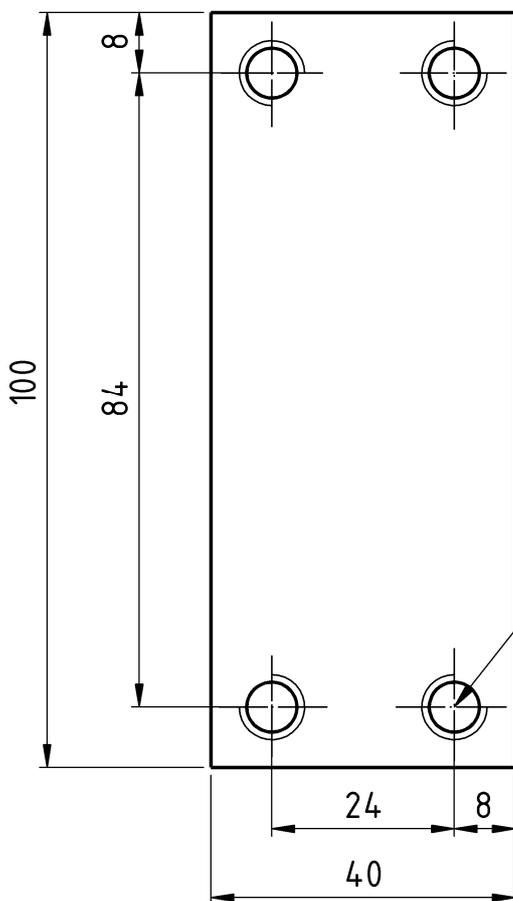
B-B

Material: Aluminio 6061 T4
Chanfles presentes en el plano: $1 \times 45^\circ$

Tolerancias generales IRAM ISO2768-mH	Proyectó	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	02/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
	Revisó		Srayh		
	Aprobó				
	Escala	Denominación			
	1:1	BARRA MENOR			
					Plano N° V004-03-02
	Formato A4				Hoja 1 de 1



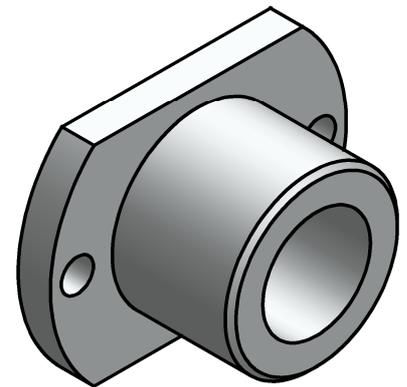
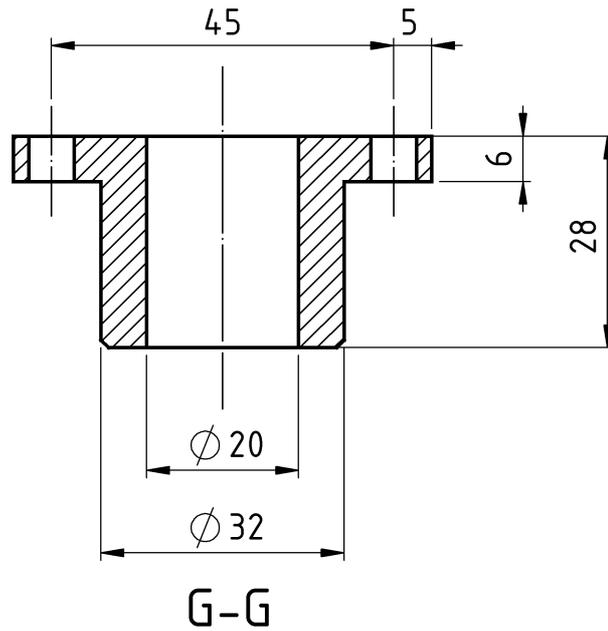
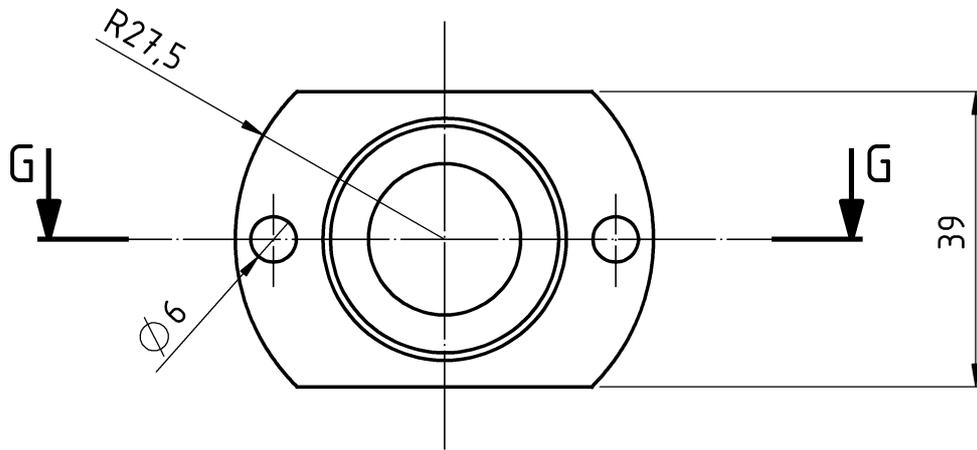
ESCALA 1:2



M6x16 / Ø 5,5 x ∇ 14

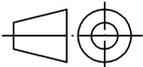
Material: Aluminio 6061 T4

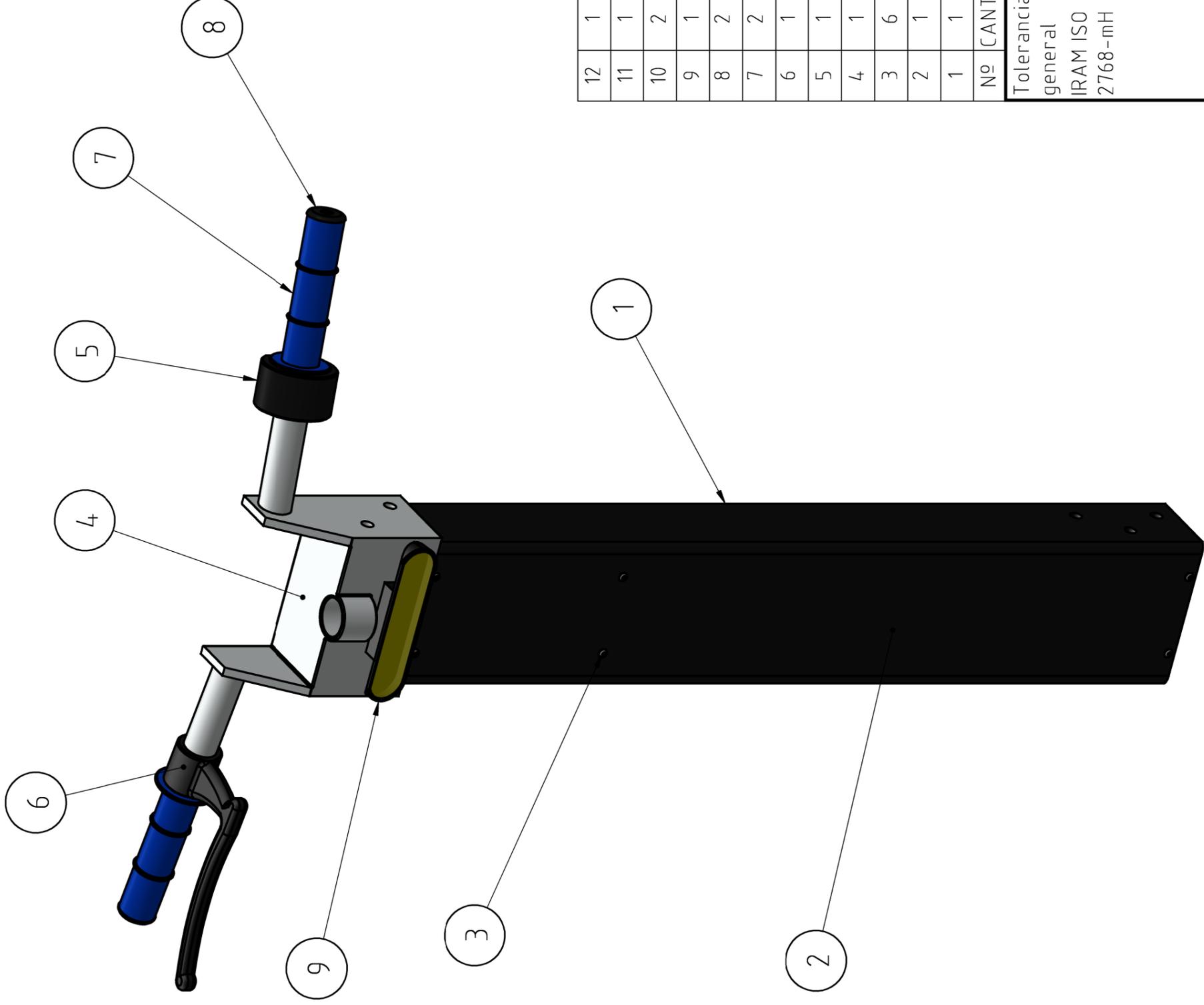
Tolerancias generales IRAM ISO2768-mH	Proyectó	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	04/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
	Revisó		Srayh		
	Aprobó				
	Escala	Denominación			
	1:1	CUERPO			
	Formato				Plano Nº V004-04-00
	A4				Hoja 1 de 1



ESCALA 1:1

Chanfles presentes en el dibujo: 1 x 45°
Material: Nylon 6

Tolerancias generales IRAM ISO2768-mH	Dibujó	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Revisó	04/12	Parizzia	DISEÑO MECANICO	
	Aprobó		Srayh		
	Escala	Denominación			 Plano N° V004-05-00 Hoja 1 de 1
1:1	BUJE				
 Formato A4					

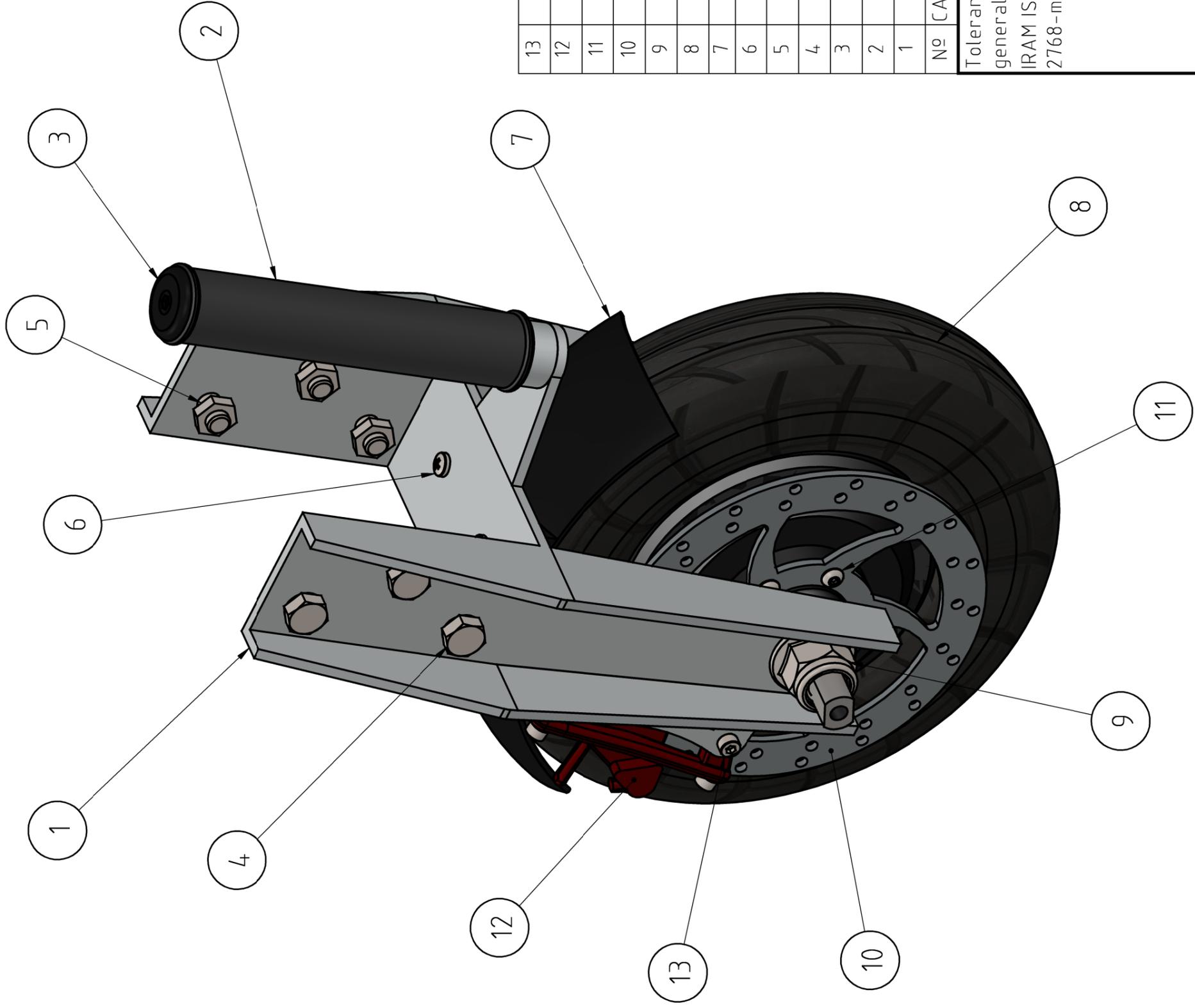


DETALLE DE VISTA
ESCALA 1:5

Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	MATERIAL
12	1	Bateria	48V - 30000mAh	Pieza estandar	-
11	1	Electronica	-	Pieza estandar	-
10	2	Bulon	M4x10	Pieza estandar	Acero AISI C1010
9	1	Faro	LED	Pieza estandar	Plastico
8	2	Tapon	-	Pieza estandar	Aluminio
7	2	Manopla	-	Pieza estandar	Goma
6	1	Manija	-	Pieza estandar	Aluminio
5	1	Comando	-	Pieza estandar	Plastico
4	1	Manubrio	-	Plano V005-03	Aluminio 6061 T4
3	6	Bulon	M3x8	Pieza estandar	Acero AISI C1010
2	1	Tapa	-	Plano V005-02	Aluminio 6061 T4
1	1	Barral	-	Plano V005-01	Aluminio 6061 T4
Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	MATERIAL

Tolerancia general		Fecha		Cliente	
IRAM ISO 2768-mH		Dibujó	08/12	Nombre	PROYECTO FINAL
		Revisó		Parizzia	Facultad Regional Sta. Fe
		Aprobó		Srayh	
		Escala		Denominacion	
				1:3	
		Formato A3		CONJUNTO FRENTE	
		UTN			
				Plano N° V005-00-00	
				Hoja 1 de 1	





Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	Pieza estandar	MATERIAL
13	2	Bulon	M4 x 8mm		Pieza estandar	Acero AISI C1010
12	1	Caliper	Accion por cable		Pieza estandar	Aluminio
11	6	Bulon	M4 x 8mm		Pieza estandar	Acero AISI C1010
10	1	Disco de freno	∅ 130mm		Pieza estandar	Acero
9	2	Tuerca	M14		Pieza estandar	Acero AISI C1010
8	1	Motor	500W		Pieza estandar	-
7	1	Guardabarros	-		Plano V006-02	ABS
6	2	Bulon	M4 x 12mm		Pieza estandar	Acero AISI C1010
5	6	Tuerca	M8		Pieza estandar	Acero AISI C1010
4	6	Tornillo	M8 x 16mm		Pieza estandar	Aluminio 6061 T4
3	1	Tapon	-		Pieza estandar	Plastico
2	1	Manopla	∅ 22 x 130mm		Pieza estandar	Goma
1	1	Horquilla	-		Plano V006-01	Aluminio 6061 T4
Nº	CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	DESCRIPCION	MATERIAL

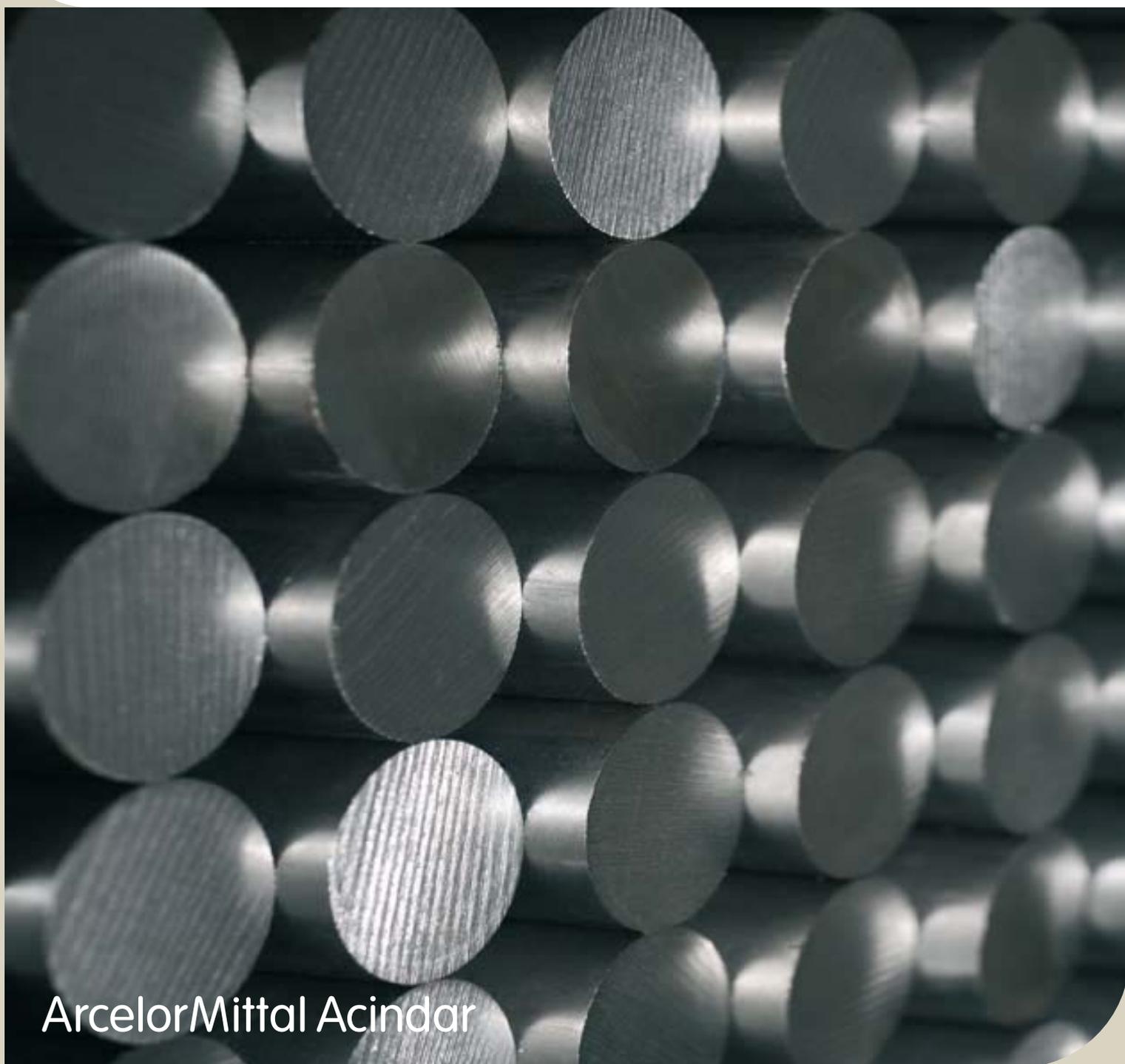
Tolerancia general IRAM ISO 2768-mH	Fecha	Nombre	Cliente	UTN Facultad Regional Sta. Fe
	Dibujó	Parizzia	PROYECTO FINAL	
	Revisó	Srayh		
	Aprobó			
Escala		Denominacion		 CONJUNTO HORQUILLA
1:1.5				
				
		Formato A3		Plano N° V006-00-00
				Hoja 1 de 1



ArcelorMittal

Productos para la Industria

Catálogo de productos.
Información técnica.



ArcelorMittal Acindar



ArcelorMittal

Productos para la Industria

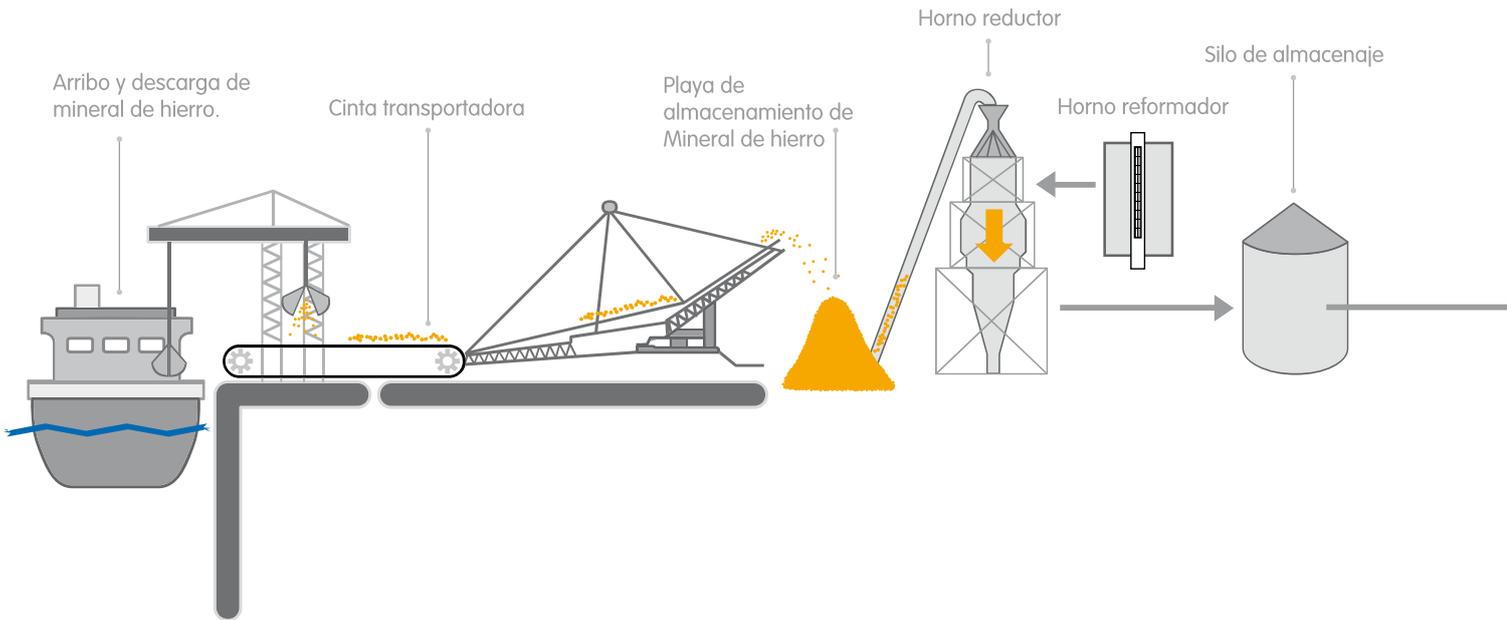
Contenido

Nuestro proceso productivo	4
Impacto de la tecnología de ArcelorMittal Acindar en los productos	6
Palanquillas de colada continua	8
Barras laminadas uso mecánico	9
Barras laminadas apto forja	10
Barras trefiladas	12
Barras laminadas y trefiladas para resortes	14
Barras rectificadas	16
Planchuelas para elásticos	17
Identificación y certificados	18
Composición química	19
Tabla de equivalencia de aceros	19
Dureza	19
Información técnica	21

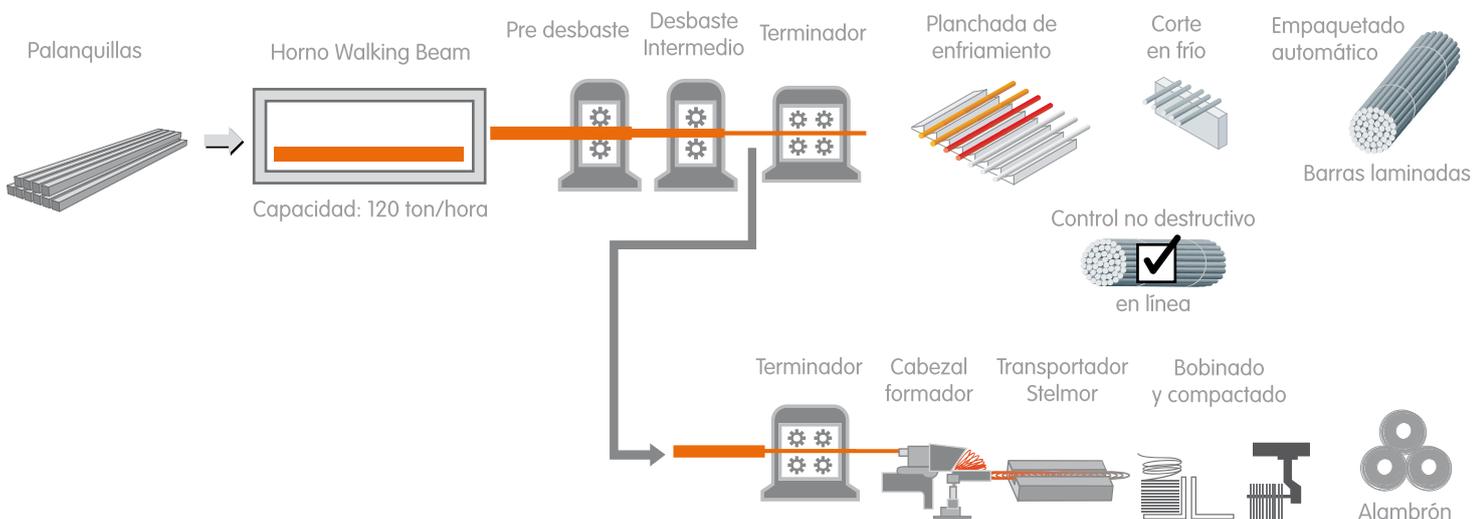
Nuestro proceso productivo

1 Muelle de minerales

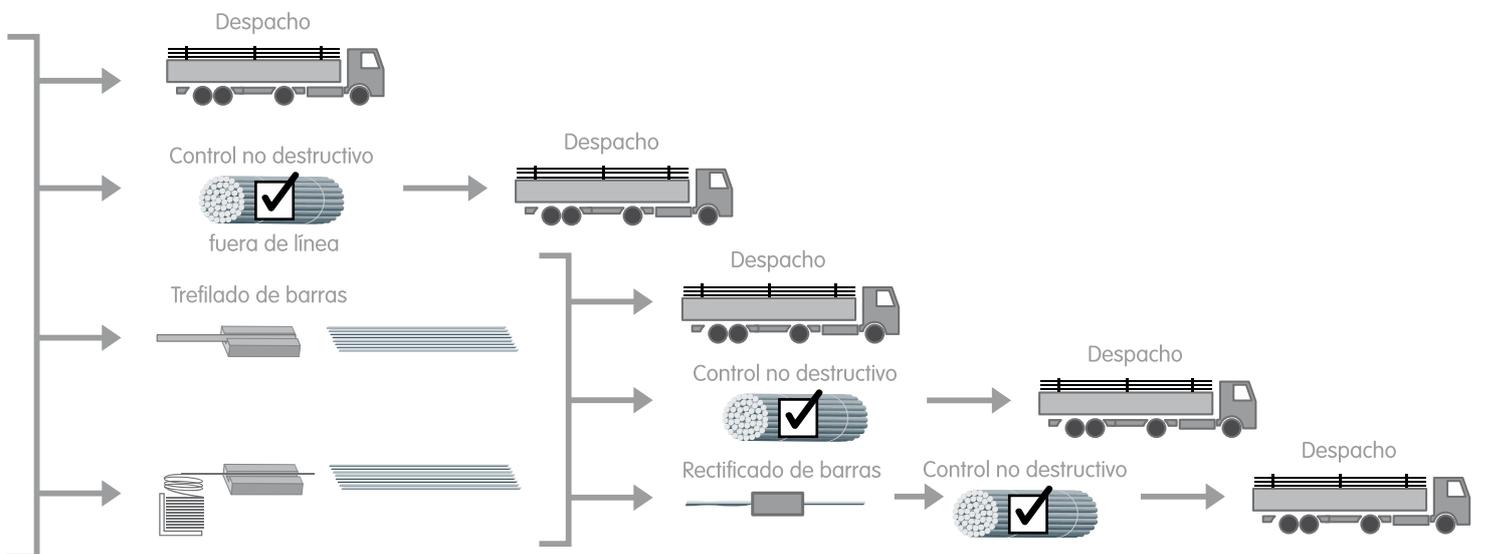
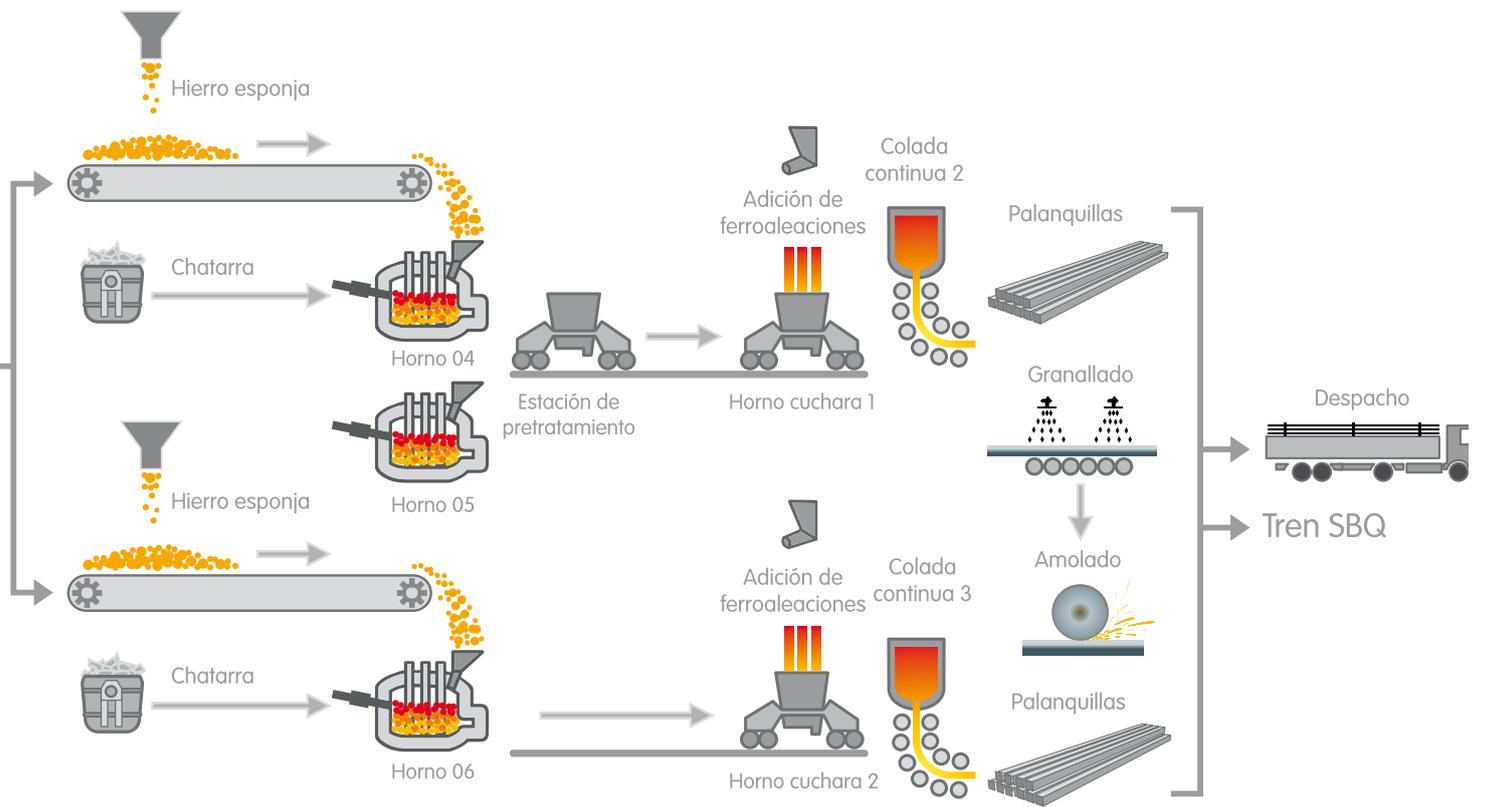
2 Reducción Directa



4 Tren SBQ



3 Acería



Impacto de la tecnología de ArcelorMittal Acindar en los productos

Instalación	Tecnología	Consecuencias sobre el producto
ReDi	Uso de hierro esponja en la carga del Horno Eléctrico	Menor nivel de elementos residuales
Horno Eléctrico	Sangrado EBT (Eccentric Bottom Tapping)	Mayor desulfuración Disminución de contaminación por escoria
Horno Cuchara	Aceración secundaria Inyección de calcio Burbujeo con Argón Formación de nueva escoria	Factibilidad de tener bandas estrechas de análisis químico Posibilidad de modificación de inclusiones Mayor homogeneidad de análisis químico Mejor flotación de inclusiones Mayor desulfuración
Colada Continua	Mayor sección de colado Sistema de agitación electromagnética en el molde Sistema de enfriamiento secundario Radio de curvatura de la máquina de colada continua Distribuidor en forma de Delta Sistema de control de nivel	Mejores requerimientos de compactación Mejor estructura de solidificación Mejor calidad interna por remisión de inclusiones y gases Disminuir tensiones superficiales en la palanquilla Disminuir tensiones durante el enderezado de la palanquilla Mejorar limpieza inclusionaria Mejor calidad superficial
Tren SBQ	Horno de viga galopante Descamadores Laminación libre (desbaste) Control de estiramiento entre pasadas Laminación sin torsión (disposición horizontal / vertical) Block terminador de precisión de barras Block terminador de precisión de barras Control de estiramiento entre pasadas Control de temperatura mediante cajas de agua Planchada de enfriamiento de mayor longitud Tijeras de corte en frío	Minimizar decarburación Homogeneidad térmica en la sección y longitud de la barra Minimizar defectos superficiales Minimizar defectos superficiales, especialmente en aceros de corte libre Mejorar tolerancias dimensionales y constancia de la misma a lo largo del producto Minimizar defectos superficiales Asegurar constancia de tolerancias dimensionales en todo el producto Mejorar propiedades físicas y metalográficas Anular o disminuir tratamiento térmicos posteriores (aplicable a diámetros menores a 35 mm) Mejorar deformación en frío de procesos posteriores Lograr estrechas tolerancias dimensionales y constancia de la misma a lo largo del producto Lograr rectitud en las barras y temperaturas de corte adecuadas Mejorar características finales en extremos

Controles no destructivos

Tipo de producto	Equipo de control	Acción	
Productos laminados	On-Line	Hot Eye	Detección de defectos superficiales en barras
		Defectomat	Detección de defectos superficiales en alambrones
	Off-Line	Ensayo de chispa	Control de mezcla de aceros
		Magnatest Defectomat Circoflux	Control de mezcla de aceros Detección de defectos superficiales en barras Detección de defectos superficiales en barras
Productos trefilados	On-Line	Magnatest	Control de mezcla de aceros
	Off-Line	Defectomat Rotomac	Detección de defectos superficiales Detección de defectos superficiales



ArcelorMittal

Productos





Palanquillas de colada continua

Descripción

ArcelorMittal Acindar produce palanquillas de colada continua destinadas a la laminación en caliente. Diversos productos pueden ser laminados con palanquillas: barras redondas, cuadradas, hexagonales, planchuelas, perfiles estructurales, especiales, alambrones, barras para hormigón armado, entre otros.

La posibilidad de su uso para el forjado de piezas deberá ser consultada.

Características metalúrgicas

Tamaño de grano austenítico (1)

S/ ASTM E 112
5 a 8
Método: Mc Quaid Ehn
Método: Oxidación

Microinclusiones (2)

S/ ASTM E 45 Método A
Valores máximos

Serie Fina				Serie Gruesa			
A	B	C	D	A	B	C	D
2.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0

(1) Se determina en productos ya laminados

(2) Valores esperados en productos laminados a partir de las palanquillas

Medidas

Cuadrado de 120 y 160 mm.

Aceros disponibles en este producto

La oferta de palanquillas cubre toda la gama de aceros al carbono, aceros de baja aleación, microaleados y de corte libre ofrecidos por ArcelorMittal Acindar.

Algunos de los aceros disponibles y su composición química según Tabla 1.

Observaciones: la posibilidad de fabricación de otros aceros deberá ser consultada.

Rectitud

Rectitud máxima: 15 mm/m (máximo 100 mm)

Tipos de corte

Oxicorte

Largos y tolerancias

Producto	Tolerancia en lado (mm)	Largo de fabricación (m)	Tolerancia en largo (mm)
Palanquilla de 120 mm	+/- 4	9.50 y 13.70	+/- 100
Palanquilla de 160 mm	+/- 5	12.35	

Observaciones: por otras longitudes, consultar.

Acondicionado e identificación

Palanquillas sueltas

Identificación: número de colada pintada en una de las caras o acuñado en sus extremos.



Barras laminadas uso mecánico

Estas barras poseen características que las hacen aptas para su empleo en aplicaciones como la trefilación, el mecanizado y forjas de menor exigencia.

Los derivados de estos productos se emplean en las principales industrias como la automotriz, la agroindustria y la metalmeccánica.

Características metalúrgicas

Tamaño de grano austenítico	S/ ASTM E 112 5 a 8 Método: Mc Quaid Ehn Método: Oxidación							
Microinclusiones	S/ ASTM E 45 Método A Valores máximos							
	Serie Fina				Serie Gruesa			
	A	B	C	D	A	B	C	D
	2.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0

Secciones

Barras redondas
Barras hexagonales

Medidas nominales

Barras redondas

Dn (Diámetro nominal)					
(mm)	(pulgadas)	(mm)	(pulgadas)	(mm)	(pulgadas)
15.9	5/8	46.0	1 - 13/16	81.0	3 - 3/16
17.5	11/16	47.6	1 - 7/8	82.5	3 - 1/4
19.1	3/4	49.2	1 - 15/16	84.1	3 - 5/16
20.6	13/16	50.8	2	87.3	3 - 7/16
22.2	7/8	52.4	2 - 1/16	88.9	3 - 1/2
23.8	15/16	54.0	2 - 1/8		
25.4	1	55.6	2 - 3/16		
27.0	1 - 1/16	57.1	2 - 1/4		
28.6	1 - 1/8	58.7	2 - 5/16		
30.2	1 - 3/16	60.3	2 - 3/8		
31.8	1 - 1/4	61.9	2 - 7/16		
33.3	1 - 5/16	63.5	2 - 1/2		
34.9	1 - 3/8	66.5	2 - 5/8		
36.5	1 - 7/16	69.8	2 - 3/4		
38.1	1 - 1/2	71.4	2 - 13/16		
39.7	1 - 9/16	73.0	2 - 7/8		
41.3	1 - 5/8	74.6	2 - 15/16		
42.8	1 - 11/16	76.2	3		
44.4	1 - 3/4	77.8	3 - 1/16		

Barras hexagonales (1)

EC (Entre cara)			
(mm)	(pulgadas)	(mm)	(pulgadas)
19.1	3/4	31.8	1 - 1/4
20.6	13/16	33.3	1 - 5/16
22.2	7/8	34.9	1 - 3/8
23.8	15/16	36.5	1 7/16
25.4	1	38.1	1 - 1/2
27.0	1 - 1/16	39.7	1 - 9/16
28.6	1 - 1/8	41.3	1 - 5/8
30.2	1 - 3/16	42.8	1 - 11/16

(1) Barras laminadas mayores a 42,8 mm bajo pedido.

Consulte la posibilidad de producción de otras medidas.

Aceros disponibles en este producto

Aceros al carbono
1010X - 1020X - 1026X - 1040X - 1045X

Composición química según Tabla 1

Consulte la posibilidad de producción de otros aceros.

Rectitud

Rectitud máxima (acumulable): 4 mm/m

Tolerancias en medida

Diámetro / Entre cara (mm)	Tolerancia estándar (mm)	Ovalización/Dif. entre caras Máxima (mm)
15.9<Dn≤18.0	+/- 0.35	0.52
18.0<Dn≤30.0	+/- 0.42	0.63
30.0<Dn≤50.0	+/- 0.50	0.75
50.0<Dn≤80.0	+/- 0.60	0.90
80.0<Dn≤88.9	+/- 1.10	1.65

Tipos de corte

Corte de cizalla de fraccionamiento en caliente.
Observaciones: consultar por otros tipos de corte.

Largos y tolerancias

Sección	Dn (mm)	Largo estándar (mm)	Tolerancia (mm)
	Dn ≤ 63.50	6000 (a)	0/+200
Redondos	63.5<Dn ≤ 88.9	5000 a 7000	-
Hexágonos	EC ≤ 42.80	6000 (a)	0/+200

(a) Paquetes con barras cortas hasta 10% en largos mayores a 4.0 m

Observaciones: otros largos entre 6.0 y 12.0 m pueden ser fabricados por consulta previa.

Largos fijos distintos de 6.0 m, paquetes con 10% de barras cortas con largo mínimo del 75% del fijo.

Acondicionado e identificación

Peso: paquetes de 2.000 kg, aproximadamente (Otros pesos de paquetes pueden ser acordados)

Identificación: 2 chapas con etiqueta



Barras laminadas apto forja

Estas barras son fabricadas para aplicaciones que requieran condiciones estrictas de procesamiento.

Estos productos son aptos para su empleo en la fabricación de piezas que posteriormente pueden ser bonificadas o cementadas, tales como pernos, engranajes, herramientas, y otros que se pueden utilizar en la industria automotriz, metalmecánica y del petróleo.

Características metalúrgicas

Tamaño de grano austenítico	S/ ASTM E 112 5 a 8 Método: Mc Quaid Ehn Método: Oxidación							
Microinclusiones	S/ ASTM E 45 Método A Valores máximos							
	Serie Fina				Serie Gruesa			
	A	B	C	D	A	B	C	D
	2.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0

Secciones

Barras redondas

Palanquillas laminadas (canto redondo)

Medidas nominales

Barras redondas

Dn (Diámetro nominal)					
(mm)	(pulgadas)	(mm)	(pulgadas)	(mm)	(pulgadas)
15.9	5/8	46.0	1 - 13/16	81.0	3 - 3/16
17.5	11/16	47.6	1 - 7/8	82.5	3 - 1/4
19.1	3/4	49.2	1 - 15/16	84.1	3 - 5/16
20.6	13/16	50.8	2	87.3	3 - 7/16
22.2	7/8	52.4	2 - 1/16	88.9	3 - 1/2
23.8	15/16	54.0	2 - 1/8	95.0	
25.4	1	55.6	2 - 3/16	101.6	4
27.0	1 - 1/16	57.1	2 - 1/4	110.0	
28.6	1 - 1/8	58.7	2 - 5/16	114.3	4 - 1/2
30.2	1 - 3/16	60.3	2 - 3/8	120.0	
31.8	1 - 1/4	61.9	2 - 7/16	130.0	
33.3	1 - 5/16	63.5	2 1/2	140.0	
34.9	1 - 3/8	66.5	2 - 5/8	152.4	6
36.5	1 - 7/16	69.8	2 - 3/4	165.1	6 - 1/2
38.1	1 - 1/2	71.4	2 - 13/16	177.8	7
39.7	1 - 9/16	73.0	2 - 7/8		
41.3	1 - 5/8	74.6	2 - 15/16		
42.8	1 - 11/16	76.2	3		
44.4	1 - 3/4	77.8	3 - 1/16		

Palanquillas laminadas

EC (Entre cara)	
(mm)	(pulgadas)
50.8	2
63.5	2 - 1/2
76.2	3

Observaciones: la posibilidad de fabricación de otras medidas deberá ser consultada.

Aceros disponibles en este producto

Aceros al carbono
1010X – 1020X – 1026X – 1040X – 1045X

Aceros de baja aleación
4140X – 5115X – 5120X – 5140X – 8620X –
16MnCr55X – 20MnCr55X – 41Cr4E3X

Composición química según Tabla 1

Observaciones: la posibilidad de fabricación de otros aceros deberá ser consultada.

Nota: Diámetros > 88.9 mm disponibles solo en aceros al carbono, 4140X y 8620X
Otros aceros consultar.

Rectitud

Producto	Rectitud máxima (acumulable)
Barras laminadas redondas	4 mm/m
Palanquillas laminadas	5 mm/m

Tolerancias en medida

Barras laminadas redondas

Diámetro (mm)	Tolerancia estándar (mm)	Ovalización máxima (mm).
15.9<Dn≤18.0	+/- 0.21	0.31
18.0<Dn≤30.0	+/- 0.26	0.39
30.0<Dn≤50.0	+/- 0.31	0.46
50.0<Dn≤63.5	+/- 0.38	0.60
63.5<Dn≤80.0	+/-0.60	0.90
80.0<Dn≤88.9	+/-1.10	1.65
90.0<Dn≤20.0	-0/+2.20	1.65
Dn>120.0	-0/+4.00	3.00

Para palanquillas laminadas

Entre cara (mm)	Tolerancia estándar (mm)	Diferencia entre caras máxima (mm)
50.0<Dn≤80.0	-0/+1.20	0.90

Revirado (palanquillas laminadas): ≤ 5° / m

Escuadría: ≤ 2°

Tipos de corte

Corte de cizalla de fraccionamiento en caliente

Para Dn > 88.9mm: Sierra en caliente

Observaciones: otros tipos de cortes consultar.

Largos y tolerancias

Sección	Dn (mm)	Largo estándar (mm)	Tolerancia (mm)
	Dn ≤ 63.50	6000 (a)	0/+200
Redondos	63.5<Dn ≤ 88.9	5000 a 7000	-
Palanquillas laminadas	De 50.8 a 76.2	5000 a 7000	-

(a) Paquetes con barras cortas hasta 10% en largos mayores a 4.0 m

Observaciones: otros largos entre 6.0 y 12.0 m pueden ser fabricados previa consulta.

Largos fijos distintos de 6.0 m, paquetes con 10% de barras cortas con largo mínimo del 75% del fijo.

Acondicionado e identificación

Peso: paquetes de 2.000 kg, aproximadamente
(Otros pesos de paquetes pueden ser acordados)

Identificación: 2 chapas con etiqueta.





Barras trefiladas

Descripción

ArcelorMittal Acindar fabrica barras trefiladas a partir de barras laminadas y alambrión. Las mismas se comercializan en perfiles redondos y hexagonales en diversas calidades de aceros al carbono y corte libre.

Ventajas del producto

- **Mayores propiedades mecánicas**
El trefilado le otorga al producto mayores propiedades mecánicas, aumentando la carga de rotura, la dureza y en especial la fluencia.
La ductilidad es disminuida en poca magnitud.
- **Mayor precisión en la sección**
El terminado en frío con trefilas de precisión permite obtener barras con tolerancias más estrictas en la sección.
- **Superior terminación superficial**
El acabado superficial se ve mejorado, obteniéndose una superficie lisa y de buena apariencia.
- **Mayor rectitud**
La rectitud y las estrictas tolerancias de las barras trefiladas permiten el empleo de mayores revoluciones por minuto con menores vibraciones en máquinas torneadoras.
- **Superior maquinabilidad**
Mejora el comportamiento al mecanizado en un orden del 20% y favorece la formación de virutas cortas. Además se logra mayor cantidad de piezas mecanizadas por hora y mejora la vida útil de la herramienta. La precisión en la sección, el nivel de superficie, la rectitud y la concentricidad de las barras trefiladas son variables que favorecen la operación de mecanizado, especialmente cuando se emplean equipos automáticos.

Características metalúrgicas

Tamaño de grano austenítico	S/ ASTM E 112 5 a 8 Método: Mc Quaid Ehn Método: oxidación
Microinclusiones	S/ ASTM E 45 Método A Valores máximos Serie Fina Serie Gruesa A B C D A B C D 2.5 2.0 2.0 2.0 2.5 2.0 2.0 2.0

Características metalúrgicas aplicables sólo a aceros al carbono.

Secciones

Barras redondas
Barras hexagonales

Medidas nominales

Barras redondas

Dn (Diámetro nominal)			
(mm)			
5.00	12.70	23.81	40.00
5.50	13.00	25.00	41.28
6.00	14.00	25.40	44.45
6.35	14.29	26.00	46.00
7.00	15.00	26.99	47.00
7.50	15.88	28.00	47.62
7.94	16.00	28.58	50.00
8.00	17.00	30.00	50.80
8.50	17.46	31.75	55.00
9.00	18.00	33.34	60.00
9.52	19.05	34.92	
10.00	20.00	35.00	
11.00	20.64	36.00	
11.11	22.00	36.51	
12.00	22.22	38.10	

Aceros 1040X y 1045X hasta diámetro 50.8 mm

Barras hexagonales

EC (Entre cara)		
(mm)		
5.00	14.29	28.58
5.50	15.88	30.00
6.00	17.00	31.75
6.35	17.46	33.34
7.00	18.00	34.92
7.94	19.05	35.00
8.00	20.64	36.00
9.00	22.00	36.51
9.52	22.20	38.10
10.00	23.81	40.00
11.00	25.00	41.28
11.11	25.40	
12.00	26.00	
12.70	26.99	
14.00	28.00	

Hasta 15.88 mm sólo aceros de corte libre

Observaciones: la posibilidad de fabricación de otras medidas deberá ser consultada.

Aceros disponibles en este producto

Aceros al Carbono

1010X – 1020X – 1026X – 1040X – 1045X

Aceros de Corte Libre

1212E2 – 12L14E3

Composición química según Tabla 1.

Observaciones: la posibilidad de fabricación de otros aceros deberá ser consultada.

Rectitud

Referencia Norma ASTM A108 - 03		Redondos C ≤ 0.28% C > 0.28%		Hexagonales C ≤ 0.28% C > 0.28%	
Dn (mm)	Largo (m)	Flecha max. (mm/m)	Flecha max. (mm/m)	Flecha max. (mm/m)	Flecha max. (mm/m)
≤ 15	≤ 4.50	3.0 / 3	4.5 / 3	4.5 / 3	6.0 / 3
	> 4.50	3.0 / 3	8.0 / 3	8.0 / 3	9.5 / 3
> 15	≤ 4.50	1.5 / 3	3.0 / 3	3.0 / 3	4.5 / 3
	> 4.50	3.0 / 3	4.5 / 3	4.5 / 3	6.0 / 3

Tolerancias en medida

Diámetro / Entre cara (mm)	Tolerancia estándar ISO h11 (mm)	Ovalización / Diferencia entre cara máxima (mm)
4 < Dn ≤ 6	+0 / -0.075	
6 < Dn ≤ 10	+0 / -0.090	
10 < Dn ≤ 18	+0 / -0.110	
18 < Dn ≤ 30	+0 / -0.130	50% de tolerancia en medida
30 < Dn ≤ 50	+0 / -0.160	
50 < Dn ≤ 60	+0 / -0.190	

Tolerancias h10 y h9 consultar

Tipo de corte

Cizalla o sierra en frío

Largos y tolerancias

Perfil	Aceros	
Redondos	1010 / 1020 / 1026 / 1040 / 1045	1212 / 12L14
Dn ≤ 7.94	3.00 / 3.20	3.00 / 3.10
7.94 < Dn ≤ 19.05	4.00 / 4.20	3.00 / 3.10
Dn > 19.05	5.00 / 5.90	3.00 / 3.50
Hexagonales	5.00 / 6.00	3.00 / 3.50

Observaciones: para largos fijos debe consultarse factibilidad, volúmenes y plazos.

Revirado

Perfil	Medida (mm)	Revirado (acumulativo)
Hexagonales	≤ 14.29 ≥ 15.00	8°/m 2°/m

Acondicionado e identificación

Peso de paquetes

Diámetro / Entre cara (mm)	Redondos	Hexagonales
≤ 19.05	1.000 / 1.500 kg	-----
> 19.05	800 / 1.200 kg	-----
≤ 15.88	-----	1.000 / 1.500 kg
> 15.88	-----	800 / 1.200 kg

Identificación

Dos chapas de identificación con etiqueta





Barras laminadas y trefiladas para resortes

Descripción

Estas barras laminadas se obtienen por laminación en caliente de palanquillas de colada continua.

Son aptas para la fabricación de piezas de exigencia como resortes, barras estabilizadoras y barras de torsión, principalmente para la industria automotriz.

Este producto también es ofrecido bajo la forma de alambρόn y barras trefiladas.

Características metalúrgicas

Tamaño de grano austenítico	S/ ASTM E 112 5 a 8 Método: Oxidación							
Microinclusiones (1)	S/ ASTM E 45 Método A Valores máximos							
	Serie Fina				Serie Gruesa			
	A	B	C	D	A	B	C	D
	2.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0

Secciones

Barras redondas

Medidas nominales

Laminados

Dimensión	
(mm)	(pulgadas)
15.9	5/8
17.5	11/16
19.1	3/4
20.6	13/16
22.2	7/8
23.8	15/16
25.4	1
27.0	1 - 1/16
28.6	1 - 1/8
30.2	1 - 3/16
31.8	1 - 1/4
33.3	1 - 5/16
34.9	1 - 3/8
36.5	1 - 7/16
38.1	1 - 1/2

Redondos Trefilados

Dn (Diámetro nominal) - mm	
9.52	14.00
10.00	14.29
11.00	15.00
11.11	15.88
12.00	16.00
12.70	17.00
13.00	

Observaciones: la posibilidad de fabricación de otras medidas deberá ser consultada.

Aceros disponibles en este producto

5160HX (1) - 9254X
(1) Disponible solo en barras laminadas

Composición química según Tabla 1

Observaciones: la posibilidad de fabricación de otros aceros deberá ser consultada.

Rectitud

Producto	Rectitud máxima acumulable
Laminado	4 mm/m
Trefilado	
Dn ≤ 15mm - Largo ≤ 4.50 m	4.5 mm / 3 m
Dn ≤ 15mm - Largo > 4.50 m	8.0 mm / 3 m
Dn > 15mm - Largo ≤ 4.50 m	3.0 mm / 3 m
Dn > 15mm - Largo > 4.50 m	4.5 mm / 3 m

Tolerancia en medida

Barras laminadas

Diámetro (mm)	Tolerancia estándar (mm)	Ovalización Máxima (mm)
15.9<Dn≤18.0	+/- 0.21	0.31
18.0<Dn≤30.0	+/- 0.26	0.39
30.0<Dn≤50.0	+/- 0.31	0.46

Barras trefiladas

Diámetro (mm)	Tolerancia estándar ISO h11 (mm)
6.0<Dn≤10.0	+0 / -0.090
10.0<Dn≤18.0	+0 / -0.11

Ovalización máxima: 50% de la tolerancia
Consultar por otras tolerancias.

Tipos de corte

Laminados: Corte de cizalla de fraccionamiento en caliente
Trefilados: Corte de cizalla o sierra en frío

Largos y tolerancias

Dn (mm)	Largo estándar (mm)	Tolerancia (mm)
Laminado		
Dn ≤ 63.5	6000 (a)	0/+200
Trefilado	3000 / 6000 (largo exacto) ≤ 6000 (largo múltiplo)	+10 / +70 +30 / +100

(a) Paquetes con barras cortas hasta 10% en largos mayores a 4.0 m.

Observaciones (laminados): otros largos entre 6.0 y 12.0 m pueden ser fabricados por consulta previa.

Largos fijos distintos de 6.0 m, paquetes con 10% de barras cortas con largo mínimo del 75% del fijo.

Acondicionado e identificación

Peso:
paquetes de 2.000 kg, aproximadamente (barras laminadas)
paquetes de 900 a 1.600 kg, aproximadamente (barras trefiladas)

Identificación: 2 chapas con etiqueta





Medidas

En rango comprendido entre 12.0 y 28.0 mm
Observaciones: la posibilidad de fabricación de otras medidas deberá ser consultada.

Rectitud

Referencia Norma ASTM A108 - 03		Redondos C ≤ 0.28%		C > 0.28%
Dn (mm)	Largo (m)	Flecha max. (mm/m)	Flecha max. (mm/m)	
≤ 15	≤ 4.50	3.0 / 3	4.5 / 3	
> 15	> 4.50	3.0 / 3	8.0 / 3	
	≤ 4.50	1.5 / 3	3.0 / 3	
	> 4.50	3.0 / 3	4.5 / 3	

Tolerancias en medida

Diámetro (mm)	Tolerancia estándar ISO h11 (mm)	Tolerancia especial ISO h9 (mm)	Ovalización máxima (mm)
4 < Dn ≤ 6	+0 / -0.075	+0 / -0.030	50% de tolerancia en medida
6 < Dn ≤ 10	+0 / -0.090	+0 / -0.036	
10 < Dn ≤ 18	+0 / -0.110	+0 / -0.043	
18 < Dn ≤ 30	+0 / -0.130	+0 / -0.052	
30 < Dn ≤ 50	+0 / -0.160	+0 / -0.062	

Rugosidad

Estándar RZ 10 µm máximo
Observaciones: otras rugosidades consultar

Tipo de corte

Cizalla o sierra en frío.

Largos de fabricación estándar

Longitud estándar 3.0 a 4.5 m

Observaciones: para largos fijos debe consultarse factibilidad, volúmenes y plazos.

Tolerancia para largos fijos: -0 / +100 mm

Acondicionado e identificación

Peso: paquetes de hasta 1.600 kg máximo.
Identificación: 2 chapas con etiqueta

Barras rectificadas

Descripción

Estas barras son producidas en líneas de rectificadoras sin centro a partir de barras trefiladas.

Este proceso permite obtener una calidad superficial libre de defectos, con tolerancias dimensionales estrictas.

Los derivados de estos productos se emplean principalmente en la industria automotriz, petrolera y metalmecánica para la fabricación de ejes, pernos, vástagos de amortiguadores, vástagos de bombeo, otras piezas.

Características metalúrgicas

Tamaño de grano austenítico	S/ ASTM E 112 5 a 8 Método: Mc Quaid Ehn Método: Oxidación							
Microinclusiones	S/ ASTM E 45 Método A Valores máximos							
	Serie Fina				Serie Gruesa			
	A	B	C	D	A	B	C	D
	2.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.5

Secciones

Barras redondas

Aceros disponibles en este producto

Aceros al carbono
1026X - 1035X - 1045X

Composición química según Tabla 1

Observaciones: la posibilidad de fabricación de otros aceros deberá ser consultada.





Rectitud

Combado lateral: menor o igual a 2 mm/m, acumulable
 Curvado: menor o igual a 25 mm/m
 Ondulaciones: menor o igual 0,8 mm por cada 76 mm

Otras características dimensionales

Radio de curvatura: 0,5 / 1 del espesor
 Torsionado: Máximo 2° / metro, acumulable

Tipos de corte

Corte de cizalla de fraccionamiento

Largos de fabricación

Longitud de 6.0 a 8.0 m

Tolerancias

Ancho de la barra, a		Espesor de la barra, e (*)		
Nominal (mm)	Discrepancias (mm)	Discrepancias (mm) para:		
		e ≤ 10	10 < e ≤ 22	22 < e ≤ 40
a ≤ 65	+/- 0.4	+/- 0.13	+/- 0.15	+/- 0.20
65 < a ≤ 100	+/- 0.6	+/- 0.15	+/- 0.20	+/- 0.30
100 < a ≤ 130	+/- 0.8	+/- 0.18	+/- 0.25	+/- 0.41
130 < a ≤ 150	+/- 1.2	+/- 0.30	+/- 0.30	+/- 0.51

* La medición de los espesores se realizará en los bordes de la barra, donde las superficies planas interceptan el canto redondeado.

Tolerancia de la concavidad y diferencia de espesores

Ancho de la barra, a (mm)	Diferencias en la concavidad (1) (mm)			Máx. diferencia entre espesores (2) (mm)		
	Para espesores, e			Para espesores, e		
	e ≤ 10	10 < e ≤ 22	22 < e ≤ 40	e ≤ 10	10 < e ≤ 22	22 < e ≤ 40
a ≤ 65	0 / -0.13	0 / -0.15	0 / -0.20	0.05	0.05	0.10
65 < a ≤ 100	0 / -0.15	0 / -0.20	0 / -0.30	0.08	0.10	0.15
100 < a ≤ 130	0 / -0.18	0 / -0.25	0 / -0.40	0.10	0.13	0.20
130 < a ≤ 150	---	0 / -0.30	0 / -0.50	---	0.15	0.25

(1) La concavidad es la diferencia entre el promedio de los espesores en los bordes y el espesor en el centro en una misma sección de la barra. El espesor en el centro de la barra será igual o menor que dicho promedio.

(2) La máxima diferencia entre espesores es la diferencia entre los espesores de los dos bordes, medidos sobre la misma sección transversal de la barra.

Acondicionado e identificación

Peso: paquetes hasta 2.000 kg, aproximadamente, sin protección superficial
 Identificación: 2 chapas con etiqueta

Dureza Brinell Máxima (orientativa)

321 HB, medida sobre el tercio medio de las caras de las barras

Observaciones

Referencia Norma IRAM-IAS U500-28 / 1987

Planchuelas para elásticos

Descripción

Las planchuelas se obtienen mediante laminación en caliente de palanquillas de colada continua.

Se trata de barras rectangulares con cantos redondeados aptas para su empleo en fabricación de elásticos utilizados para automotores medianos y grandes.

Características metalúrgicas

Tamaño de grano austenítico	S/ ASTM E 112 5 a 8 Método: Oxidación							
Microinclusiones	S/ ASTM E 45 Método A Valores máximos							
	Serie Fina				Serie Gruesa			
	A	B	C	D	A	B	C	D
	2.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0

Secciones

Rectangular con cantos redondeados

Medidas nominales

Ancho x Espesor (mm)		
50.00 x 7.00	70.00 x 12.00	80.00 x 13.00
50.00 x 8.00	70.00 x 13.00	80.00 x 14.00
50.8 x 15.90	70.00 x 14.00	80.00 x 16.00
58.00 x 7.00	75.00 x 6.00	90.00 x 10.00
58.00 x 8.00	75.00 x 10.00	90.00 x 11.00
63.00 x 8.00	75.00 x 11.00	90.00 x 12.00
63.00 x 10.00	75.00 x 12.00	90.00 x 13.00
70.00 x 10.00	76.20 x 12.67	90.00 x 15.00
70.00 x 11.00	80.00 x 12.00	

Observaciones: Posibilidad de fabricación de otras medidas deberá ser consultada.

Aceros disponibles en este producto

Acero	C	Mn	Si	P	S	Cr
5160	0.56/0.64	0.75/1.00	0.15/0.35	≤0.035	≤0.040	0.70/0.90

Cumple Norma SAE J404

Observaciones: la posibilidad de fabricación de otros aceros deberá ser consultada



Identificación y certificados

Chapa



Código de colores de barras laminadas

1010X		SIN PINTAR
1020X		VERDE CLARO
1026X		ROJO
1035X		VIOLETA
1040X		NARANJA
1045X		NEGRO
4140X		AMARILLO
5115X		ROJO Y AZUL
5120X		AZUL Y BLANCO
5140X		AMARILLO Y BLANCO
5160HX		MARRON OSCURO
8620X		AZUL OSCURO
9254X		VERDE OSCURO
12L14		BLANCO
1212		CELESTE
1215		GRIS
16MnCr5X		ROSA Y AMARILLO
20MnCr5X		ROSA Y CELESTE
41Cr4E3X		ROSA Y NEGRO

Certificado de calidad

Acindar Grupo ArcelorMittal		CERTIFICADO DE CALIDAD										CERTIFICADO N° 000000019348		M U I	
ACINDAR I.A.S.A. Estanislao Zeballos 2739 - (B1643AGT) Barral, Pcia. Buenos Aires, Argentina Tel./Fax 54-011-47198300 http://www.acindar.com.ar		Cliente: 87509628 Orden: 194521 BLR 1010X UNN-63,50MM X5000 C 27 EXP Material / Tipo: Grado / Tamaño: Norma:										Destino: CPO: PG: Parte N°: 14031 - JUN/07			
Propiedades Fisicas															
Colada N°	N° Lote	C %	P %	S %	Mn %	Si %	Cr %	Mo %	Cu %	Ni %	Al %	Sn %	As ppm		
		Un													
10500	2807025977	0,100	0,015	0,017	0,560	0,300	0,030	0,020	0,050	0,010	0,023	0,014	68,000		
10500	2807025988	0,100	0,015	0,017	0,560	0,300	0,030	0,020	0,050	0,010	0,023	0,014	68,000		
Propiedades Mecánicas / Metalúrgicas															
Relación de compactación: 1 : 10,75															
Tipo de Transporte: 0801				Depósito: VT18				Remita: 0275000033609				Firma			
Empresa de Transporte:				O.V.: 2786300				Fecha: 21.08.2007				Sello			

Tabla 1: Composición química

Acero	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Cr %	Ni%	Mo%	B (PPM)	Pb %
1010X (1)	0.08/0.13	0.30/0.60	0.15 / 0.35	≤ 0.04	≤ 0.05	---	---	---	---	---
1020X (1)	0.18/0.23	0.30/0.60	0.15 / 0.35	≤ 0.04	≤ 0.05	---	---	---	---	---
1026X (1)	0.22/0.28	0.60/0.90	0.15 / 0.35	≤ 0.04	≤ 0.05	---	---	---	---	---
1035X (1)	0.32/0.38	0.60/0.90	0.15 / 0.35	≤ 0.04	≤ 0.05	---	---	---	---	---
1040X (1)	0.37/0.44	0.60/0.90	0.15 / 0.35	≤ 0.04	≤ 0.05	---	---	---	---	---
1045X (1)	0.43/0.50	0.60/0.90	0.15 / 0.35	≤ 0.04	≤ 0.05	---	---	---	---	---
15B30X	0.28 / 0.33	1.20 / 1.40	0.20 / 0.30	≤ 0.020	≤ 0.020	0.10 / 0.20			20 / 40	---
1212E2	0.05/0.14	0.90/1.30	≤ 0.05	0.04/0.10	0.27/0.33	---	---	---	---	---
12L14E3	0.06/0.010	0.85/1.30	≤ 0.03	0.04/0.09	0.26/0.35	---	---	---	---	0.15/0.35
4140X (2)	0.38 / 0.43	0.75 / 1.00	0.15 / 0.35	≤ 0.035	≤ 0.040	0.80 / 1.10	---	0.15 / 0.25	---	---
5115X (2)	0.13 / 0.18	0.70 / 0.90	0.15 / 0.35	≤ 0.040	≤ 0.035	0.70 / 0.90	---	---	---	---
5120X	0.14 / 0.22	1.00 / 1.50	≤ 0.40	≤ 0.035	≤ 0.040	0.80 / 1.30	---	---	---	---
5140X (2)	0.38 / 0.43	0.70 / 0.90	0.15 / 0.35	≤ 0.035	≤ 0.040	0.70 / 0.90	---	---	---	---
5160HX (2)	0.57 / 0.62	0.75 / 1.00	0.15 / 0.35	≤ 0.025	≤ 0.025	0.70 / 0.90				
8620X (2)	0.18 / 0.23	0.70 / 0.90	0.15 / 0.35	≤ 0.035	0.020 / 0.035	0.40 / 0.60	0.40 / 0.70	0.15 / 0.25	---	---
9254X (2)	0.51 / 0.59	0.60 / 0.80	1.20 / 1.60	≤ 0.025	≤ 0.025	0.60 / 0.80	---	---	---	---
16MnCrS5X	0.14 / 0.19	1.00 / 1.30	0.15 / 0.40	≤ 0.035	0.02 / 0.04	0.80 / 1.10	---	---	---	---
20MnCrS5X	0.17 / 0.21	1.10 / 1.35	0.15 / 0.40	≤ 0.035	0.02 / 0.04	1.00 / 1.20	---	---	---	---
41Cr4E3X	0.38 / 0.45	0.50 / 0.80	0.15 / 0.40	≤ 0.035	0.015 / 0.04	0.90 / 1.20	---	---	---	---

(1) Cumple SAE J403

(2) Cumple SAE J404

Observaciones:

Se pueden encontrar pequeñas cantidades de ciertos elementos no requeridos. Estos elementos se consideran como residuales y son aceptables hasta los siguientes límites: Cr 0,20%, Ni 0,25%, Cu 0,35%, Mo 0,06%

Tabla 2 de equivalencia de aceros

Aceros al carbono			Aceros de corte libre			Aceros aleados		
ACINDAR	SAE	DIN	ACINDAR	SAE	DIN/EN	ACINDAR	SAE	DIN
1010X	1010	C10	1212 E2		11SMn30	4140X	4140	42CrMo4
1020X	1020	C20	1212 E4		11SMn37	5115X	5115	16MnCr5
1026X	1026	--	12L14 E1	12L14			5120	20MnCr5
1040X	1040	C40	12L14 E2		11SMnPb30	5140X	5140	41Cr4
1045X	1045	C45	12L14 E4		11SMnPb37	5160E3X	5160	--
			1215 E1	1215		8620X	8620	20NiCrMo2
						9254X	9254	55SiCr7

Nota: Las equivalencias indicadas son aproximadas

Tabla 3: Dureza Brinell máxima en productos laminados sin tratamiento térmico - Valores orientativos

Dureza Brinell Máxima		
Acero	Diámetro < 50 mm	Diámetro > 50 mm
1010	130	130
1020	163	163
1026	170	170
1035	212	207
1040	229	217
1045	255	241
1212	149	149
12L14	156	156
4140	331	321
5115	192	192
5120	229	223
5140	269	255
5160	400	375
8620	212	207



ArcelorMittal

Información Técnica



Composiciones químicas según norma SAE J403

Aceros al carbono (Máx. 1,00% Mn, sin resulfurar)					
UNS No.	SAE/AISI No.	Límites de composición química, %			
		C	Mn	P, Max	S, Max
G10050	1005	0.06 Max.	0.35 Max.	0.040	0.050
G10060	1006	0.08 Max.	0.25-0.40	0.040	0.050
G10080	1008	0.10 Max.	0.30-0.50	0.040	0.050
G10100	1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050
G10110	1011	0.09-0.14	0.60-0.90	0.040	0.050
G10120	1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050
G10150	1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050
G10160	1016	0.13-0.18	0.60-0.90	0.040	0.050
G10170	1017	0.15-0.20	0.30-0.60	0.040	0.050
G10180	1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050
G10200	1020	0.18-0.23	0.30-0.60	0.040	0.050
G10210	1021	0.18-0.23	0.60-0.90	0.040	0.050
G10220	1022	0.18-0.23	0.70-1.00	0.040	0.050
G10230	1023	0.20-0.25	0.30-0.60	0.040	0.050
G10250	1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050
G10260	1026	0.22-0.28	0.60-0.90	0.040	0.050
G10290	1029	0.25-0.31	0.60-0.90	0.040	0.050
G10300	1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050
G10350	1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050
G10380	1038	0.35-0.42	0.60-0.90	0.040	0.050
G10390	1039	0.37-0.44	0.70-1.00	0.040	0.050
G10400	1040	0.37-0.44	0.60-0.90	0.040	0.050
G10420	1042	0.40-0.47	0.60-0.90	0.040	0.050
G10430	1043	0.40-0.47	0.70-1.00	0.040	0.050
G10440	1044	0.43-0.50	0.30-0.60	0.040	0.050
G10450	1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050
G10460	1046	0.43-0.50	0.70-1.00	0.040	0.050
G10490	1049	0.46-0.53	0.60-0.90	0.040	0.050
G10500	1050	0.48-0.55	0.60-0.90	0.040	0.050
G10530	1053	0.48-0.55	0.70-1.00	0.040	0.050
G10550	1055	0.50-0.60	0.60-0.90	0.040	0.050
G10590	1059	0.55-0.65	0.50-0.80	0.040	0.050
G10600	1060	0.55-0.65	0.60-0.90	0.040	0.050
G10650	1065	0.60-0.70	0.60-0.90	0.040	0.050
G10700	1070	0.65-0.75	0.60-0.90	0.040	0.050
G10740	1074	0.70-0.80	0.50-0.80	0.040	0.050
G10780	1078	0.72-0.85	0.30-0.60	0.040	0.050
G10800	1080	0.75-0.88	0.60-0.90	0.040	0.050
G10860	1086	0.80-0.93	0.30-0.50	0.040	0.050
G10900	1090	0.85-0.98	0.60-0.90	0.040	0.050
G10950	1095	0.90-1.03	0.30-0.50	0.040	0.050

Notas:

Plomo (Pb): A los efectos de mejorar la maquinabilidad, se puede requerir la adición de Plomo a los aceros estándar. Los límites son: 0.15 a 0.30%. Estos aceros se identifican insertando la letra "L" entre el segundo y el tercer número de la sigla, por ejemplo 10L45.

Cobre (Cu): Se puede requerir la adición de Cobre a los aceros estándar, en estos casos generalmente se especifica un mínimo de 0,20%.

Silicio (Si): Cuando se requiere Silicio, generalmente se especifican los siguientes rangos o límites para aceros no resulfurados: 0.10% Máx.; 0.07 a 0.15%; 0.10 a 0.20%; 0.15 a 0.35%; 0.20 a 0.40%; 0.30 a 0.60%

Boro (B): A los efectos de mejorar la templabilidad, se puede requerir la adición de Boro a los aceros al carbono calmados. Los límites son: 0.0005 a 0.003%. Estos aceros se identifican insertando la letra "B" entre el segundo y el tercer número de la sigla, por ejemplo 10B46.

Ciertos grados de acero se producen a pedido para disminuir los límites de fósforo y azufre (referencia norma SAE J411).

Aceros al carbono (1,00 a 1,65% de Mn)					
UNS No.	SAE/AISI No.	Límites de composición química, %			
		C	Mn	P, Max	S, Max
G15130	1513	0.10-0.16	1.10-1.40	0.040	0.050
G15220	1522	0.18-0.24	1.10-1.40	0.040	0.050
G15240	1524	0.19-0.25	1.35-1.65	0.040	0.050
G15260	1526	0.22-0.29	1.10-1.40	0.040	0.050
G15270	1527	0.22-0.29	1.20-1.50	0.040	0.050
G15330	1533	0.30-0.37	1.10-1.40	0.040	0.050
G15340	1534	0.30-0.37	1.20-1.50	0.040	0.050
G15410	1541	0.36-0.44	1.35-1.65	0.040	0.050
G15440	1544	0.40-0.47	0.80-1.10	0.040	0.050
G15450	1545	0.43-0.50	0.80-1.10	0.040	0.050
G15460	1546	0.44-0.52	1.00-1.30	0.040	0.050
G15480	1548	0.44-0.52	1.10-1.40	0.040	0.050
G15520	1552	0.47-0.55	1.20-1.50	0.040	0.050
G15530	1553	0.48-0.55	0.80-1.10	0.040	0.050
G15660	1566	0.60-0.71	0.85-1.15	0.040	0.050
G15700	1570	0.65-0.75	0.80-1.10	0.040	0.050
G15800	1580	0.75-0.88	0.80-1.10	0.040	0.050
G15900	1590	0.85-0.98	0.80-1.10	0.040	0.050

Notas:

Plomo (Pb), Boro (B), Fósforo (P) y Azufre (S), Silicio (Si) Ver notas al pie de la tabla Aceros al carbono (Máx. 1,00% Mn, sin resulfurar).

Aceros de corte libre (resulfurados)

UNS No.	SAE/AISI No.	Límites de composición química, %			
		C	Mn	P, Max	S, Max
G11100	1110	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.08-0.13
G11170	1117	0.14-0.20	1.00-1.30	0.040	0.08-0.13
G11180	1118	0.14-0.20	1.30-1.60	0.040	0.08-0.13
G11230	1123	0.20-0.27	1.20-1.50	0.040	0.08-0.09
G11370	1137	0.32-0.39	1.35-1.65	0.040	0.08-0.13
G11400	1140	0.37-0.44	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13
G11410	1141	0.37-0.45	1.35-1.65	0.040	0.08-0.13
G11440	1144	0.40-0.48	1.35-1.65	0.040	0.24-0.33
G11460	1146	0.42-0.49	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13
G11520	1152	0.48-0.55	0.70-1.00	0.040	0.06-0.09

Notas:

Plomo (Pb), Silicio (Si)

Ver notas al pie de la tabla Aceros al carbono (Máx. 1,00% Mn, sin resulfurar).

Silicio (Si): Cuando se requiere Silicio, generalmente se especifican los siguientes rangos o límites: Hasta el UNS N° G11100 inclusive, 0.10% Máx.; Para el UNS N° G11170 y mayores: 0.10% Máx.; 0.10 a 0.20%; 0.15 a 0.35%.

Aceros de corte libre (refosforado y resulfurado)

UNS No.	SAE/AISI No.	Límites de composición química, %			
		C	Mn	P, Max	S, Max
G12120	1212	0.13	0.70-1.00	0.07-0.12	-
G12130	1213	0.13	0.70-1.00	0.07-0.12	-
G12150	1215	0.09	0.75-1.05	0.04-0.09	-
G12144	12L14	0.15	0.85-1.15	0.04-0.09	0.15-0.35

Notas:

Plomo (Pb): Ver notas al pie de la tabla Aceros al carbono (Máx. 1,00% Mn, sin resulfurar).

Silicio (Si): no es una práctica habitual producir aceros de la serie 12XX con límites de Silicio debido a su efecto adverso sobre la maquinabilidad

Composiciones químicas según norma SAE J404

Aceros aleados											
UNS No.	SAE No.	Límites de composición química, %									AISI No.
		C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	
G13300	1330	0.28-0.33	1.60-1.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	-	-	-	1330
G13350	1335	0.33-0.38	1.60-1.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	-	-	-	1335
G13400	1340	0.38-0.43	1.60-1.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	-	-	-	1340
G40230	4023	0.20-0.25	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	4023
G40270	4027	0.25-0.30	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	4027
G40280	4028	0.25-0.30	0.70-0.90	0.035	0.035-0.050	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	4028
G40370	4037	0.35-0.40	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	4037
G40470	4047	0.45-0.50	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	-	0.20-0.30	-	4047
G41180	4118	0.18-0.23	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.40-0.60	0.08-0.15	-	4118
G41200	4120 *	0.18-0.23	0.90-1.20	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.40-0.60	0.13-0.20	-	4120*
G41210	4121**	0.18-0.23	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.45-0.65	0.20-0.30	-	4121**
G41300	4130	0.28-0.33	0.40-0.60	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4130
G41310	4131	0.28-0.33	0.50-0.70	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.90-1.20	0.15-0.25	-	4131
G41370	4137	0.35-0.40	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4137
G41400	4140	0.38-0.43	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4140
G41420	4142	0.40-0.45	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4142
G41450	4145	0.43-0.48	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4145
G41470	4147	0.45-0.50	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4147
G41500	4150	0.48-0.53	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	0.15-0.25	-	4150
G43200	4320	0.17-0.22	0.45-0.65	0.035	0.040	0.15-0.35	1.65-2.00	0.40-0.60	0.20-0.30	-	4320
G43400	4340	0.38-0.43	0.60-0.80	0.035	0.040	0.15-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	-	4340
G43406	E4340 ²	0.38-0.43	0.65-0.85	0.025	0.025	0.15-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	-	E4340
G46200	4620	0.17-0.22	0.45-0.65	0.035	0.040	0.15-0.35	1.65-2.00	-	0.20-0.30	-	4620
G47150	4715***	0.13-0.18	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.70-1.00	0.45-0.65	0.45-0.60	-	4715***
G47200	4720	0.17-0.22	0.50-0.70	0.035	0.040	0.15-0.35	0.90-1.20	0.35-0.55	0.15-0.25	-	4720
G48150	4815	0.13-0.18	0.40-0.60	0.035	0.040	0.15-0.35	3.25-3.75	-	0.20-0.30	-	4815
G48200	4820	0.18-0.23	0.50-0.70	0.035	0.040	0.15-0.35	3.25-3.75	-	0.20-0.30	-	4820
G50461	50B46 ³	0.44-0.49	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.20-0.35	-	-	50B46
G51200	5120	0.17-0.22	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	5120
G51300	5130	0.28-0.33	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	-	-	5130
G51320	5132	0.30-0.35	0.60-0.80	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.75-1.00	-	-	5132
G51400	5140	0.38-0.43	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	5140
G51500	5150	0.48-0.53	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	5150
G51600	5160	0.56-0.64	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	5160
G51601	51B60 ³	0.56-0.64	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.70-0.90	-	-	51B60
G51986	E51100 ²	0.98-1.10	0.25-0.45	0.025	0.025	0.15-0.35	-	0.90-1.15	-	-	E51100
G52986	E52100 ²	0.98-1.10	0.25-0.45	0.025	0.025	0.15-0.35	-	1.30-1.60	-	-	E52100
G61500	6150	0.48-0.53	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	-	0.80-1.10	-	0.15 min	6150
G86150	8615	0.13-0.18	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8615
G86170	8617	0.15-0.20	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8617
G86200	8620	0.18-0.23	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8620
G86220	8622	0.20-0.25	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8622
G86300	8630	0.28-0.33	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8630
G86370	8637	0.35-0.40	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8637
G86400	8640	0.38-0.43	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8640
G86450	8645	0.43-0.48	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	-	8645
G87200	8720	0.18-0.23	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.20-0.30	-	8720
G88220	8822	0.20-0.25	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.30-0.40	-	8822
G92590	9259	0.56-0.64	0.75-1.00	0.035	0.040	0.70-1.10	-	0.45-0.65	-	-	9259
G92600	9260	0.56-0.64	0.75-1.00	0.035	0.040	1.80-2.20	-	-	-	-	9260

Notas

Se pueden encontrar pequeñas cantidades de ciertos elementos no requeridos. Estos elementos se consideran como residuales y son aceptables hasta los siguientes límites: Cr 0,20%, Ni 0,25%, Cu 0,35%, Mo 0,06%.

Plomo (Pb): A los efectos de mejorar la maquinabilidad, se puede requerir la adición de Plomo a los aceros estándar. Los límites son: 0.15 a 0.30%. Estos aceros se identifican insertando la letra "L" entre el segundo y el tercer número de la sigla, por ejemplo 10L45.

Tolerancias aplicables a la composición química (según norma SAE J 409)

Aceros al carbono

Se aplica a barras laminadas en caliente, terminadas en frío, productos semi-terminados para forja, alambrones y tubos sin costura $S \leq 650 \text{ cm}^2$

Elemento	Rango de aplicación (%)	Variación (%), por encima del máximo o por debajo del mínimo
Carbono	$C \leq 0.25$	0.02
	$0.25 < C \leq 0.55$	0.03
	$C > 0.55$	0.04
Manganeso	$Mn \leq 0.90$	0.03
	$0.90 < Mn \leq 1.65$	0.06
Fósforo	Solamente por encima del máximo hasta 0.040 inclusive	0.008
Azufre	Solamente por encima del máximo hasta 0.050 inclusive	0.008
Silicio	$Si \leq 0.35$	0.02
	$0.35 < Si \leq 0.60$	0.05
Cobre	Solamente por debajo del mínimo para aceros con contenido de Cu	0.02
Plomo (1)	$0.15 < Pb \leq 0.35$	0.03

(1) Tolerancia aplicable tanto por debajo del mínimo como por encima del máximo

Tolerancias aplicables a la composición química (según norma SAE J 409)

Aceros aleados

Se aplica a barras, chapas, flejes, tubos y productos semi-terminados $S \leq 650 \text{ cm}^2$

Elemento	Rango de aplicación (%)	Variación (%), por encima del máximo o por debajo del mínimo
Carbono	$C \leq 0.30$	0.01
	$0.30 < C \leq 0.75$	0.02
	$C > 0.75$	0.03
Manganeso	$Mn \leq 0.90$	0.03
	$0.90 < Mn \leq 2.10$	0.04
Fósforo	Solamente por encima del máximo	0.005
Azufre	$C \leq 0.060$ (1)	0.005
Silicio	$Si \leq 0.40$	0.02
	$0.40 < Si \leq 2.20$	0.05
Níquel	$Ni \leq 1.00$	0.03
	$1.00 < Ni \leq 2.00$	0.05
	$2.00 < Ni \leq 5.30$	0.07
	$5.30 < Ni \leq 10.0$	0.10
Cromo	$Cr \leq 0.90$	0.03
	$0.90 < Cr \leq 2.10$	0.05
	$2.10 < Cr \leq 3.99$	0.10
Molibdeno	$Mo \leq 0.20$	0.01
	$0.20 < Mo \leq 0.40$	0.02
	$0.40 < Mo \leq 1.15$	0.03
Tungsteno	$W \leq 0.10$	0.04
	$1.00 < W \leq 4.00$	0.08
Vanadio	$V \leq 0.10$	0.01
	$0.10 < V \leq 0.25$	0.02
	$0.25 < V \leq 0.50$	0.03
	Si se especifica valor mínimo se permite debajo del mismo	0.01
Aluminio (2)	$Al \leq 0.10$	0.03
	$0.10 < Al \leq 0.20$	0.04
	$0.20 < Al \leq 0.30$	0.05
	$0.30 < Al \leq 0.80$	0.07
	$0.80 < Al \leq 1.80$	0.10
Plomo (2)	$0.15 < Pb \leq 0.35$	0.03 (3)
Cobre (2)	$Cu \leq 1.00$	0.03
	$1.00 < Cu \leq 2.0$	0.05

(1) Para contenidos de azufre mayores a 0,060% no se aplican tolerancias

(2) Tolerancia aplicable sólo a secciones $S \leq 650 \text{ cm}^2$

(3) Tolerancia aplicable tanto por debajo del mínimo como por encima del máximo

Sistema de codificación SAE (según norma SAE J402)

Designación SAE	Tipo de acero
	ACEROS AL CARBONO
10XX	Aceros al carbono (Máx. 1,00% de Mn, sin resulfurar)
11XX	Aceros de corte libre, resulfurados
12XX	Aceros de corte libre, resulfurados y refosforados
15XX	Aceros al carbono
	ACEROS ALEADOS
13XX	Aceros al manganeso
23XX	Aceros al níquel
25XX	Aceros al níquel
31XX	Aceros cromo - níquel
32XX	Aceros cromo - níquel
33XX	Aceros cromo - níquel
34XX	Aceros cromo - níquel
40XX	Aceros al molibdeno
41XX	Aceros cromo - molibdeno
43XX	Aceros cromo - níquel - molibdeno
44XX	Aceros al molibdeno
46XX	Aceros níquel - molibdeno
47XX	Aceros cromo - níquel - molibdeno
48XX	Aceros níquel - molibdeno
50XX	Aceros al cromo
51XX	Aceros al cromo
50XXX	Aceros al cromo
51XXX	Aceros al cromo
52XXX	Aceros al cromo
61XX	Aceros cromo - vanadio
72XX	Aceros cromo - tungsteno
81XX	Aceros cromo - níquel - molibdeno
86XX	Aceros cromo - níquel - molibdeno
87XX	Aceros cromo - níquel - molibdeno
88XX	Aceros cromo - níquel - molibdeno
92XX	Aceros silicio - manganeso
93XX	Aceros cromo - níquel - molibdeno
94XX	Aceros cromo - níquel - molibdeno
97XX	Aceros cromo - níquel - molibdeno
98XX	Aceros cromo - níquel - molibdeno
XXBXX	B indica aceros con boro
XXLXX	L indica aceros con plomo

Características mecánicas en barras de acero laminadas en caliente y en barras trefiladas (valores orientativos)

Según norma SAE J1397

SAE / AISI	Estado	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia MPa	Alargamiento A (2") (%)	Estrucción Z (%)	Dureza Brinell (HB)	Maquinabilidad (12L12=100%)
Aceros al carbono (Máx. 1.00% Mn, sin resulfurar)							
1006	Laminado	300	170	30	55	86	
	Trefilado	330	280	20	45	95	50
1008	Laminado	303	170	30	55	86	
	Trefilado	340	290	20	45	95	55
1010	Laminado	320	180	28	50	95	
	Trefilado	370	300	20	40	105	55
1012	Laminado	330	180	28	50	95	
	Trefilado	370	310	19	40	105	55
1015	Laminado	340	190	28	50	101	
	Trefilado	390	320	18	40	111	60
1016	Laminado	380	210	25	50	111	
	Trefilado	420	350	18	40	121	70
1017	Laminado	370	200	26	50	105	
	Trefilado	410	340	18	40	116	65
1018	Laminado	400	220	25	50	116	
	Trefilado	440	370	15	40	125	70
1019	Laminado	410	220	25	50	116	
	Trefilado	460	380	15	40	131	70
1020	Laminado	380	210	25	50	111	
	Trefilado	420	350	15	40	121	65
1021	Laminado	420	230	24	48	116	
	Trefilado	470	390	15	40	131	70
1022	Laminado	430	230	23	47	121	
	Trefilado	480	400	15	40	137	70
1023	Laminado	370	210	25	50	111	
	Trefilado	430	360	15	40	121	65
1025	Laminado	400	220	25	50	116	
	Trefilado	440	370	15	40	126	65
1026	Laminado	440	240	24	49	126	
	Trefilado	490	410	15	40	143	75
1030	Laminado	470	260	20	42	137	
	Trefilado	520	440	12	35	149	70
1035	Laminado	500	270	18	40	143	
	Trefilado	550	460	12	35	163	65
1037	Laminado	510	280	18	40	143	
	Trefilado	570	480	12	35	167	65
1038	Laminado	520	280	18	40	149	
	Trefilado	570	480	12	35	163	65
1039	Laminado	540	300	16	40	156	
	Trefilado	610	510	12	35	179	60
1040	Laminado	520	290	18	40	149	
	Trefilado	590	490	12	35	170	60
1042	Laminado	550	300	16	40	163	
	Trefilado	610	520	12	35	179	60
1043	Laminado	570	310	16	40	163	
	Trefilado	630	530	12	35	179	60
1044	Laminado	550	300	16	40	163	
1045	Laminado	570	310	16	40	163	
	Trefilado	630	530	12	35	179	55
1046	Laminado	590	320	15	40	170	
	Trefilado	650	540	12	35	187	55
1049	Laminado	600	330	15	35	179	
	Trefilado	670	560	10	30	197	45
1050	Laminado	620	340	15	35	179	
	Trefilado	690	580	10	30	197	45
1055	Laminado	650	360	12	30	92	55 (a)
1060	Laminado	680	370	12	30	201	60 (c)
1064	Laminado	670	370	12	30	201	60 (c)
1065	Laminado	690	380	12	30	207	60 (c)
1070	Laminado	700	390	12	30	212	55 (c)
1074	Laminado	720	400	12	30	217	55 (c)
1078	Laminado	690	380	12	30	207	55 (c)
1080	Laminado	770	420	10	25	229	45 (c)
1084	Laminado	820	450	10	25	241	45 (c)
1085	Laminado	830	460	10	25	248	45 (c)
1086	Laminado	770	420	10	25	229	45 (c)
1090	Laminado	840	460	10	25	248	45 (c)
1095	Laminado	830	460	10	25	248	45 (a)

Según norma SAE J1397

SAE / AISI	Estado	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia MPa	Alargamiento A (2") (%)	Estrucción Z (%)	Dureza Brinell (HB)	Maquinabilidad (12L12=100%)
Aceros de corte libre (resulfurados y refosforados; resulfurados)							
1108	Laminado	340	190	30	50	101	80
	Trefilado	390	320	20	40	121	
1117	Laminado	430	230	23	47	121	90
	Trefilado	480	400	15	40	137	
1132	Laminado	570	310	16	40	167	75
	Trefilado	630	530	12	35	183	
1137	Laminado	610	330	15	35	179	70
	Trefilado	680	570	10	30	197	
1140	Laminado	540	300	16	40	156	70
	Trefilado	610	510	12	35	170	
1141	Laminado	650	360	15	35	187	70
	Trefilado	720	610	10	30	212	
1144	Laminado	670	370	15	35	197	80
	Trefilado	740	620	10	30	217	
1146	Laminado	590	320	15	40	170	70
	Trefilado	650	550	12	35	187	
1151	Laminado	630	340	15	35	187	65
	Trefilado	700	590	10	30	207	
1211	Laminado	380	230	25	45	121	95
	Trefilado	520	400	10	35	163	
1212	Laminado	390	230	25	45	121	100
	Trefilado	540	410	10	35	167	
1213	Laminado	390	230	25	45	121	135
	Trefilado	540	410	10	35	167	
12L14	Laminado	390	230	22	45	121	160
	Trefilado	540	410	10	35	163	

Aceros al carbono (1.00 a 1.65% de Mn)

1524	Laminado	510	280	20	42	149	60
	Trefilado	570	480	12	35	163	
1527	Laminado	520	280	18	40	149	65
	Trefilado	570	480	12	35	163	
1536	Laminado	570	310	16	40	163	55
	Trefilado	630	530	12	35	187	
1541	Laminado	630	350	15	40	187	45
	Trefilado	710	600	10	30	207	60 (a)
1548	Laminado	660	370	14	33	197	45
	Trefilado	730	620	10	28	217	50 (a)
1552	Laminado	740	410	12	30	217	50 (a)

Valores aproximados (orientativos)

a - Recocido y trefilado

c - Globulizado y trefilado

Tabla de equivalencias de durezas - Rockwell C - Aceros no austeníticos

Según ASTM E 140

Dureza Rockwell C Carga 150 kg	Dureza Vickers Carga 30 kg	Dureza Brinell Carga: 3000 kg - Bola Ø 10mm		Dureza Rockwell			Dureza Superficial Rockwell			Dureza Shore	Resistencia a la tracción (MPa) (Valores aproximados)	Dureza Rockwell C Carga 150 kg
		Bola de acero	Bola de carburo de tungsteno	Carga 60 kg	Carga 100 kg	Carga 100 kg	Carga 15 kg	Carga 30 kg	Carga 45 kg			
						Cono de diamante			Esclerómetro			
68	940	...	...	85.6	...	76.9	93.2	84.4	75.4	97	...	68
67	900	...	...	85.0	...	76.1	92.9	83.6	74.2	95	...	67
66	865	...	...	84.5	...	75.4	92.5	82.8	73.3	92	...	66
65	832	...	739	83.9	...	74.5	92.2	81.9	72.0	91	...	65
64	800	...	722	83.4	...	73.8	91.8	81.1	71.0	88	...	64
63	772	...	705	82.8	...	73.0	91.4	80.1	69.9	87	...	63
62	746	...	688	82.3	...	72.2	91.1	79.3	68.8	85	...	62
61	720	...	670	81.8	...	71.5	90.7	78.4	67.7	83	...	61
60	697	...	654	81.2	...	70.7	90.2	77.5	66.6	81	...	60
59	674	...	634	80.7	...	69.9	89.8	76.6	65.5	80	2.248	59
58	653	...	615	80.1	...	69.2	89.3	75.7	64.3	78	2.172	58
57	633	...	595	79.6	...	68.5	88.9	74.8	63.2	76	2.103	57
56	613	...	577	79.0	...	67.7	88.3	73.9	62.0	75	2.034	56
55	595	...	560	78.5	...	66.9	87.9	73.0	60.9	74	1.979	55
54	577	...	543	78.0	...	66.1	87.4	72.0	59.8	72	1.917	54
53	560	...	525	77.4	...	65.4	86.9	71.2	58.6	71	1.855	53
52	544	500	512	76.8	...	64.6	86.4	70.2	57.4	69	1.806	52
51	528	487	496	76.3	...	63.8	85.9	69.4	56.1	68	1.744	51
50	513	475	481	75.9	...	63.1	85.5	68.5	55.0	67	1.689	50
49	498	464	469	75.2	...	62.1	85.5	67.6	53.8	66	1.648	49
48	484	451	455	74.7	...	61.4	84.5	66.7	52.5	64	1.600	48
47	471	442	443	74.7	...	60.8	83.9	65.8	51.4	63	1.551	47
46	458	432	432	73.6	...	60.0	83.5	64.8	50.3	62	1.510	46
45	446	421	421	73.1	...	59.2	83.0	64.0	49.0	60	1.462	45
44	434	409	409	72.5	...	58.5	82.5	63.1	47.8	58	1.420	44
43	423	400	400	72.0	...	57.7	82.0	62.2	46.7	57	1.386	43
42	412	390	390	71.5	...	56.9	81.5	61.3	45.5	56	1.351	42
41	402	381	381	70.9	...	56.2	80.9	60.4	44.3	55	1.317	41
40	392	371	371	70.4	...	55.4	80.4	59.5	43.1	54	1.282	40
39	382	362	362	69.9	...	54.6	79.9	58.6	41.9	52	1.248	39
38	372	353	353	69.4	...	53.8	79.4	57.7	40.8	51	1.213	38
37	363	344	344	68.9	...	53.1	78.8	56.8	39.6	50	1.186	37
36	354	336	336	68.4	(109.0)	52.3	78.3	55.9	38.4	49	1.158	36
35	345	327	327	67.9	(108.5)	61.5	77.7	55.0	37.2	48	1.124	35
34	336	319	319	67.4	(108.0)	50.8	77.2	54.2	36.1	47	1.096	34
33	327	311	311	66.8	(107.5)	50.0	76.6	53.3	34.9	46	1.062	33
32	318	301	301	66.3	(107.0)	49.2	76.1	52.1	33.7	44	1.034	32
31	310	294	294	65.8	(106.0)	48.4	75.6	51.3	32.5	43	1.007	31
30	302	286	286	65.3	(105.5)	47.7	75.0	50.4	31.3	42	979	30
29	294	279	279	64.7	(104.5)	47.0	74.5	49.5	30.1	41	951	29
28	286	271	271	64.3	(104.0)	46.1	73.9	48.6	28.9	41	924	28
27	279	264	264	63.8	(103.0)	45.2	73.3	47.7	27.8	40	903	27
26	272	258	258	63.3	(102.5)	44.6	72.8	46.8	26.7	38	876	26
25	266	253	253	62.8	(101.5)	43.8	72.2	45.9	25.5	38	855	25
24	260	247	247	62.4	(101.0)	43.1	71.6	45.0	24.3	37	834	24
23	254	243	243	62.0	100.0	42.1	71.0	44.0	23.1	36	814	23
22	248	237	237	61.5	99.0	41.6	70.5	43.2	22.0	35	793	22
21	243	231	231	61.0	98.5	40.9	69.9	42.3	20.7	35	779	21
20	238	226	226	60.5	97.8	40.1	69.4	41.5	19.6	34	758	20
(18)	230	219	219	...	96.7	...	...	...	...	33	731	(18)
(16)	222	212	212	...	95.5	...	...	...	...	32	703	(16)
(14)	213	203	203	...	93.9	...	...	...	...	31	676	(14)
(12)	204	194	194	...	92.3	...	...	...	...	29	648	(12)
(10)	196	187	187	...	90.7	...	...	...	...	28	621	(10)
(8)	188	179	179	...	89.5	...	...	...	...	27	600	(8)
(6)	180	171	171	...	87.1	...	...	...	...	26	579	(6)
(4)	173	165	165	...	85.5	...	...	...	...	25	552	(4)
(2)	166	158	158	...	83.5	...	...	...	...	24	531	(2)
(0)	160	152	152	...	81.7	...	...	...	...	24	517	(0)

Nota: Los valores entre paréntesis están fuera del rango recomendado y son sólo a modo informativo

Tabla: efecto de los elementos de aleación en las propiedades de los aceros

	Propiedades mecánicas								Propiedades magnéticas												
	Dureza	Resistencia a la tracción	Límite de fluencia	Alargamiento	Estricción	Resistencia al impacto	Elasticidad	Resistencia mecánica en caliente	Velocidad de enfriamiento	Formación de carburos	Resistencia al desgaste	Forjabilidad	Maquinabilidad	Oxidación superficial	Aptitud para nitrurar	Resistencia a la corrosión	Histeresis	Permeabilidad	Fuerza coercitiva	Magnetismo residual	Pérdida eléctrica (W)
Silicio	↑	↑	↑↑	↑	?	↑	↑↑↑	↑	↑	↑	↑↑↑	↑	↑	↑	↑	-	↑↑	↑↑	↑↑	-	↑↑
Manganeso en aceros perliticos	↑	↑	↑	?	?	?	↑	↑	?	?	↑	↑	↑	?	?	-					
Manganeso en aceros austeniticos	↑↑↑	↑	↑	↑↑↑	?	-	-	↑↑↑	↑↑	-	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑	-	-		No magnéticos			
Cromo	↑↑	↑↑	↑↑	↑	↑	↑	↑	↑↑↑	↑↑	↑	↑	-	-	↑↑↑	↑↑	↑↑↑			↑	↑↑	↑↑
Níquel en aceros perliticos	↑	↑	↑	?	?	?	-	↑↑	↑↑	-	↑↑	↑	↑	↑	-	-			↑↑	↑↑	↑↑
Níquel en aceros austeniticos	↑↑	↑	↓	↑↑↑	↑↑	↑↑↑	-	↑↑	↑↑	-	↓	↓	↓	↓	↑↑	↑↑		No magnéticos			
Aluminio	-	-	-	-	↑	↑	-	-	-	-	-	-	-	↑↑	↑↑↑	-			↑↑	↑↑	↑↑
Tungsteno	↑	↑	↑	↑	↑	?	-	↑↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑	-			↑↑	↑↑↑	↑↑↑
Vanadio	↑	↑	↑	?	?	↑	↑	↑↑	↑↑	↑↑↑	↑↑	-	-	↑	↑	↑					
Cobalto	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-	↑↑	↑↑	-	↑↑	?	?	↓	-	-			↑↑	↑↑↑	↑↑↑
Molibdeno	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-	↑↑	↑↑	↑↑↑	↑↑	↑	↑	↑↑	↑↑	-			↑		
Cobre	↑	↑	↑↑	?	?	?	-	↑	-	↑	↑↑	?	?	?	↑	↑					
Azufre	-	-	-	↑	↑	↑	-	-	-	-	-	↑↑↑	↑↑↑	-	-	↓					
Fósforo	↑	↑	↑	↑	↑	↑↑↑	-	-	-	-	↓	↑↑	↑↑	-	-	-					

↑ Aumenta

↓ Disminuye

~ Constante

- Característica no conocida

Varias flechas: efecto más pronunciado

Tabla de pesos barras de acero

Medida		Peso - kg/m			Medida		Peso - kg/m	
Fración de pulgada	mm	○	□	⬡	Fración de pulgada	mm	○	□
1/4	6,35	0,25	0,32	0,27	4 1/8	104,78	67,68	86,18
5/16	7,94	0,39	0,49	0,43	4 1/4	107,95	71,85	91,48
3/8	9,53	0,56	0,71	0,62	4 3/8	111,13	76,13	96,94
7/16	11,11	0,76	0,97	0,84	4 1/2	114,30	80,55	102,56
1/2	12,70	0,99	1,27	1,10	4 5/8	117,48	85,08	108,33
9/16	14,29	1,26	1,60	1,39	4 3/4	120,65	89,75	114,27
5/8	15,88	1,55	1,98	1,71	4 7/8	123,83	94,53	120,36
11/16	17,46	1,88	2,39	2,07	5	127,00	99,44	126,61
3/4	19,05	2,24	2,85	2,47	5 1/4	133,35	109,63	139,59
13/16	20,64	2,63	3,34	2,90	5 1/2	139,70	120,32	153,20
7/8	22,23	3,05	3,88	3,36	5 3/4	146,05	131,51	167,45
15/16	23,81	3,50	4,45	3,85	6	152,40	143,20	182,32
1	25,40	3,98	5,06	4,39	6 1/4	158,75	155,38	197,83
1 1/16	26,99	4,49	5,72	4,95	6 1/2	165,10	168,06	213,98
1 1/8	28,58	5,03	6,41	5,55	6 3/4	171,45	181,23	230,75
1 3/16	30,16	5,61	7,14	6,18	7	177,80	194,91	248,16
1 1/4	31,75	6,22	7,91	6,85	7 1/4	184,15	209,08	266,20
1 5/16	33,34	6,85	8,72	7,56	7 1/2	190,50	223,74	284,88
1 3/8	34,93	7,52	9,58	8,29	7 3/4	196,85	238,91	304,19
1 7/16	36,51	8,22	10,47	9,06	8	203,20	254,57	324,13
1 1/2	38,10	8,95	11,40	9,87	8 1/4	209,55	270,73	344,70
1 9/16	39,69	9,71	12,36	10,71	8 1/2	215,90	287,39	365,91
1 5/8	41,28	10,50	13,37	11,58	8 3/4	222,25	304,54	387,75
1 11/16	42,86	11,33	14,42	12,49	9	228,60	322,19	410,22
1 3/4	44,45	12,18	15,51	13,43	9 1/4	234,95	340,34	433,33
1 13/16	46,04	13,07	16,64	14,41	9 1/2	241,30	358,98	457,07
1 7/8	47,63	13,98	17,80	15,42	9 3/4	247,65	378,13	481,44
1 15/16	49,21	14,93	19,01	16,46	10	254,00	397,77	506,45
2	50,80	15,91	20,26	17,54	10 1/4	260,35	417,90	532,09
2 1/16	52,39	16,92	21,54	18,66	10 1/2	266,70	438,54	558,36
2 1/8	53,98	17,96	22,87	19,81	10 3/4	273,05	459,67	585,27
2 3/16	55,56	19,03	24,23	20,99	11	279,40	481,30	612,81
2 1/4	57,15	20,14	25,64	22,20	11 1/4	285,75	503,42	640,98
2 5/16	58,74	21,27	27,08	23,45	11 1/2	292,10	526,05	669,78
2 3/8	60,33	22,44	28,57	24,74	11 3/4	298,45	549,17	699,22
2 7/16	61,91	23,63	30,09	26,06	12	304,80	572,78	729,29
2 1/2	63,50	24,86	31,65	27,41	12 1/2	317,50	621,51	791,33
2 9/16	65,09	26,12	33,26	28,80	13	330,20	672,23	855,90
2 5/8	66,68	27,41	34,90	30,22	13 1/2	342,90	724,93	923,01
2 11/16	68,26	28,73	36,58	31,68	14	355,60	779,62	992,64
2 3/4	69,85	30,08	38,30	33,17	14 1/2	368,30	836,30	1064,81
2 13/16	71,44	31,46	40,06	34,69	15	381,00	894,97	1139,51
2 7/8	73,03	32,88	41,86	36,25	15 1/2	393,70	955,63	1216,75
2 15/16	74,61	34,32	43,70	37,85	16	406,40	1018,28	1296,51
3	76,20	35,80	45,58	39,47	16 1/2	419,10	1082,92	1378,81
3 1/16	77,79	37,31	47,50	41,14	17	431,80	1149,54	1463,64
3 1/8	79,38	38,84	49,46	42,83	17 1/2	444,50	1218,16	1551,00
3 3/16	80,96	40,41	51,46	44,56	18	457,20	1288,76	1640,90
3 1/4	82,55	42,01	53,49	46,33	18 1/2	469,90	1361,36	1733,33
3 5/16	84,14	43,65	55,57	48,13	19	482,60	1435,94	1828,29
3 3/8	85,73	45,31	57,69	49,96	19 1/2	495,30	1512,51	1925,78
3 7/16	87,31	47,00	59,84	51,83	20	508,00	1591,07	2025,80
3 1/2	88,90	48,73	62,04	53,73	22	558,80	1925,19	2451,22
3 5/8	92,08	52,27	66,55	57,63				
3 3/4	95,25	55,94	71,22	61,68				
3 7/8	98,43	59,73	76,05	65,86				
4	101,60	63,64	81,03	70,18				

Peso específico del acero: 7,85 kg/dm³

Tabla de conversión de pulgadas a milímetros

Fracción de pulgada	mm	Fracción de pulgada	mm	Fracción de pulgada	mm	Fracción de pulgada	mm
1/32	0,79	1 11/32	34,13	3 5/16	84,14	13	330,20
1/16	1,59	1 3/8	34,93	3 3/8	85,73	13 1/4	336,55
3/32	2,38	1 13/32	35,72	3 1/2	88,90	13 1/2	342,90
1/8	3,18	1 7/16	36,51	3 5/8	92,08	13 3/4	349,25
5/32	3,97	1 15/32	37,31	3 3/4	95,25	14	355,60
3/16	4,76	1 1/2	38,10	3 7/8	98,43	14 1/4	361,95
7/32	5,56	1 17/32	38,89	4	101,60	14 1/2	368,30
1/4	6,35	1 9/16	39,69	4 1/4	107,95	14 3/4	374,65
9/32	7,14	1 19/32	40,48	4 1/2	114,30	15	381,00
5/16	7,94	1 5/8	41,28	4 3/4	120,65	15 1/4	387,35
11/32	8,73	1 21/32	42,07	5	127,00	15 1/2	393,70
3/8	9,53	1 11/16	42,86	5 1/4	133,35	15 3/4	400,05
13/32	10,32	1 23/32	43,66	5 1/2	139,70	16	406,40
7/16	11,11	1 3/4	44,45	5 3/4	146,05	16 1/4	412,75
15/32	11,91	1 25/32	45,24	6	152,40	16 1/2	419,10
1/2	12,70	1 13/16	46,04	6 1/4	158,75	16 3/4	425,45
17/32	13,49	1 27/32	46,83	6 1/2	165,10	17	431,80
9/16	14,29	1 7/8	47,63	6 3/4	171,45	17 1/4	438,15
19/32	15,08	1 29/32	48,42	7	177,80	17 1/2	444,50
5/8	15,88	1 15/16	49,21	7 1/4	184,15	17 3/4	450,85
21/32	16,67	1 31/32	50,01	7 1/2	190,50	18	457,20
11/16	17,46	2	50,80	7 3/4	196,85	18 1/4	463,55
23/32	18,26	2 1/16	52,39	8	203,20	18 1/2	469,90
3/4	19,05	2 1/8	53,98	8 1/4	209,55	18 3/4	476,25
25/32	19,84	2 3/16	55,56	8 1/2	215,90	19	482,60
13/16	20,64	2 1/4	57,15	8 3/4	222,25	19 1/4	488,95
27/32	21,43	2 5/16	58,74	9	228,60	19 1/2	495,30
7/8	22,23	2 3/8	60,33	9 1/4	234,95	19 3/4	501,65
29/32	23,02	2 7/16	61,91	9 1/2	241,30	20	508,00
15/16	23,81	2 1/2	63,50	9 3/4	247,65	20 1/4	514,35
31/32	24,61	2 9/16	65,09	10	254,00	20 1/2	520,70
1	25,40	2 5/8	66,68	10 1/4	260,35	20 3/4	527,05
1 1/32	26,19	2 11/16	68,26	10 1/2	266,70	21	533,40
1 1/16	26,99	2 3/4	69,85	10 3/4	273,05	21 1/4	539,75
1 3/32	27,78	2 13/16	71,44	11	279,40	21 1/2	546,10
1 1/8	28,58	2 7/8	73,03	11 1/4	285,75	21 3/4	552,45
1 5/32	29,37	2 15/16	74,61	11 1/2	292,10	22	558,80
1 3/16	30,16	3	76,20	11 3/4	298,45	22 1/4	565,15
1 7/32	30,96	3 1/16	77,79	12	304,80	22 1/2	571,50
1 1/4	31,75	3 1/8	79,38	12 1/4	311,15	22 3/4	577,85
1 9/32	32,54	3 3/16	80,96	12 1/2	317,50	23	584,20
1 5/16	33,34	3 1/4	82,55	12 3/4	323,85		

Conversión de magnitudes físicas

	Para convertir	En	Multiplicar por
Longitud	pulgada	milímetro	25,4
	milímetro	pulgada	0,03937
	pie	metro	0,3048
	metro	pie	3,28084
Superficie	pulgada cuadrada	milímetro cuadrado	645,16
	milímetro cuadrado	pulgada cuadrada	0,00155
	pie cuadrado	metro cuadrado	0,09290304
	metro cuadrado	pie cuadrado	10,76391
Peso (fuerza)	libra (av)	kilogramo fuerza	0,45359237
	kilogramo fuerza	libra (av)	2,2046225
	tonelada (sh)	tonelada (met) tonelada	0,9071847
	tonelada (met)	(sh)	1,102311
	tonelada (lg)	tonelada (met) tonelada	1,016047
	tonelada (met)	(lg)	0,984206
	Newton	kilogramo fuerza	0,1019716
	kilogramo fuerza	Newton	9,80665
Peso/Longitud	libra/pie	kg/metro	1,488164
	kg/metro	libra/pie	0,67197
Peso/Área (Presión, Tensión)	libra/pulgada cuadrada	kg/mm cuadrado	0,00070307
	kg/mm cuadrado	libra/pulgada cuadrada	1422,3343
	MPa	kg/mm cuadrado	0,1019716
	kg/mm cuadrado	MPa	9,80665
	p.s.i.	MPa	0,006894758
	MPa	p.s.i.	145,0377
Peso Volumen (Peso específico)	libra/pulgada cúbica	gramo/cm cúbico	27,6799
	gramo/cm cúbico	libra/pulgada cúbica	0,036127
Temperatura	°Fahrenheit	°Celsius	5/9. (°F-32)
	°Celsius	°Fahrenheit	9/5 °C + 32

Notas:

(av) avoir dupois

(sh) short - 2000 libras

(lg) long- 2240 libras

(met) métrica

Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA)

Unidad de base

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Intensidad luminosa	candela	cd
Cantidad de materia	mol	mol

Unidades suplementarias

Magnitud	Unidad	Símbolo
Ángulo plano	radian	rad
Ángulo sólido	estereoradian	sr

Formación de múltiplos y submúltiplos

Factor por el que se multiplica la unidad	Prefijo	Símbolo
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

Unidades derivadas

Magnitud	Unidad	Símbolo
Superficie	metro cuadrado	m^2
Volumen	metro cúbico	m^3
Frecuencia	hertz	$Hz=s^{-1}$
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m^3
Velocidad	metro por segundo	m/s
Velocidad angular	radian por segundo	rad/s
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s^2
Aceleración angular	radian por segundo cuadrado	rad/s^2
Fuerza	Newton	$N=kg \cdot m/s^2$
Presión (tensión mecánica)	Pascal	$Pa=N/m^2$
Viscosidad cinemática	metro cuadrado por segundo	m^2/s
Viscosidad dinámica $N \cdot s/m^2$	Newton-segundo por m cuadrado	$N \cdot s/m^2$
Trabajo, energía, cantidad de calor	Joule	$J=N \cdot m$
Potencia	Watt	$W=J/s$
Cantidad de electricidad	Coulomb	$C=A \cdot s$
Tensión eléctrica, diferencia de potencial	Volt	$V=W/A$
Intensidad de campo eléctrico	Volt por metro	V/m
Resistencia eléctrica	ohm	$R=V/A$
Conductancia eléctrica	siemens	$S=W^{-1}$
Capacidad eléctrica	farad	$F=A \cdot s/V$
Flujo de inducción magnética	weber	$Wb=V \cdot s$
Inductancia	henry	$H=V \cdot s/A$
Inducción magnética	tesla	$T=Wb/m^2$
Intensidad de campo magnético	ampere por metro	A/m
Fuerza magnetomotriz	ampere	A
Flujo luminosos	lumen	$lm=cd \cdot sr$
Luminancia	candela por m cuadrado	cd/m^2
Iluminación	lux	$lx=lm/m^2$
Número de ondas	uno por metro	m^{-1}
Entropía	joule por kelvin	J/K
Calor específico	joule por kilogramo kelvin	$J/(kg \cdot K)$
Conductividad térmica	watt por metro kelvin	$W/(m \cdot K)$
Intensidad energética	watt por estereo-radian	W/sr
Actividad (de una fuente radioactiva)	becquerel	s^{-1}

Litro: nombre especial que puede darse al decímetro cúbico en tanto y cuanto no exprese resultados de medidas de volumen de alta precisión.

Grado Celsius: puede utilizarse para expresar un intervalo de temperatura en lo que es equivalente al kelvin.

NOTAS

A series of horizontal dotted lines for writing notes, spanning the width of the page.

ArcelorMittal Acindar

Servicio de Asistencia Comercial

0800-444-ACINDAR (2246)

(54 11) 4616 9300

sac.acindar@arcelormittal.com.ar

www.acindar.com.ar





6003-Z Rodamiento rígido de bolas con sellos o placas de protección

Rodamiento rígido de bolas con sellos o placas de protección

Los rodamientos rígidos de una hilera de bolas con sellos o placas de protección son especialmente versátiles, tienen baja fricción y están optimizados para un bajo nivel de ruido y vibraciones, lo que permite alcanzar altas velocidades de giro. Soportan cargas radiales y axiales en ambos sentidos, son fáciles de montar y requieren menos mantenimiento que muchos otros tipos de rodamientos. El sellado integral puede prolongar significativamente la vida útil del rodamiento porque mantiene el lubricante en los rodamientos y los contaminantes fuera.

- El sellado integral prolonga la vida útil del rodamiento
- Diseño sencillo, versátil y robusto
- Baja fricción y capacidad de alta velocidad
- Soportan cargas radiales y axiales en ambos sentidos
- Requieren poco mantenimiento

Overview

Dimensiones

Diámetro interno	17 mm
Diámetro exterior	35 mm
Ancho	10 mm

Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	6.37 kN
Capacidad de carga estática básica	3.25 kN
Velocidad de referencia	45 000 r/min
Velocidad límite	28 000 r/min
Clase de rendimiento SKF	SKF Explorer

Propiedades

Ranuras de llenado	Sin
Cantidad de hileras	1
Elemento de fijación, aro exterior del rodamiento	Ninguna
Tipo de agujero	Cilíndrico
Jaula	Chapa metálica
Disposición ajustada	No
Juego radial interno	CN
Clase de tolerancia	Clase P6 (P6)
Material, rodamiento	Acero para rodamientos

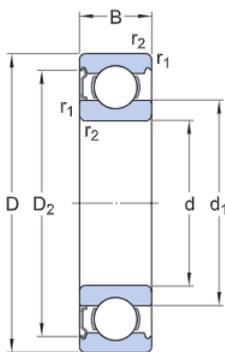
Recubrimiento	Sin
Sellado	Placa de protección en un lado
Tipo de sellado	No rozante
Lubricante	Ninguna
Característica de relubricación	Sin

Especificación técnica

Clase de rendimiento SKF

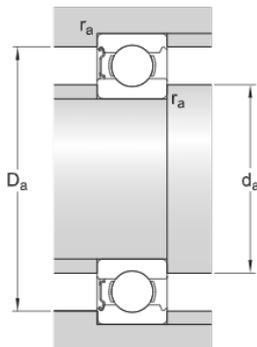
SKF Explorer

Dimensiones



d	17 mm	Diámetro interno
D	35 mm	Diámetro exterior
B	10 mm	Ancho
d ₁	≈ 23 mm	Diámetro del resalte
D ₂	≈ 31.2 mm	Diámetro del rebaje
r _{1,2}	min. 0.3 mm	Dimensión del chaflán

Dimensiones de los resaltes



d _a	min. 19 mm	Diámetro del resalte del eje
d _a	max. 22.9 mm	Diámetro del resalte del eje
D _a	max. 33 mm	Diámetro del resalte del soporte
r _a	max. 0.3 mm	Radio del eje o acuerdo del soporte

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	6.37 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	3.25 kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.137 kN
Velocidad de referencia		45 000 r/min

Velocidad límite		28 000 r/min
Factor de carga mínima	k_r	0.025
Factor de cálculo	f_0	14

Masa

Masa de rodamiento		0.039 kg
--------------------	--	----------

Clase de tolerancia

Tolerancias dimensionales		P6
Desviación radial		P5

Términos y condiciones

Al visitar y utilizar esta página web/aplicación, publicada por AB SKF (publ.) (556007-3495 - Gotemburgo) ("SKF") y de su propiedad, usted acepta cumplir con los siguientes términos y condiciones:

Limitación de la garantía y de la responsabilidad

Aunque se ha puesto el máximo empeño en asegurar la exactitud de la información incluida en esta página web/aplicación, SKF proporciona dicha información "TAL CUAL", y DENIEGA CUALQUIER GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUIDAS, ENTRE OTRAS, LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIABILIDAD Y APTITUD PARA FINES ESPECÍFICOS. Usted reconoce que utilizará esta página web/aplicación bajo su entera responsabilidad, que asume la responsabilidad absoluta de todos los costos asociados al uso de esta página web/aplicación y que SKF no será responsable de ningún daño directo, incidental, consecuente ni indirecto de ningún tipo, derivado de su acceso a la información o los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación o del uso de estos. Todas las garantías y manifestaciones incluidas en esta página web/aplicación acerca de los productos o servicios de SKF que usted adquiera o use estarán sujetas a los términos y condiciones acordados en el contrato del producto o servicio en cuestión. Asimismo, en lo que respecta a las páginas web/aplicaciones no pertenecientes a SKF mencionadas en nuestra página web/aplicación o donde se incluya un hipervínculo, SKF no ofrece garantía alguna respecto de la exactitud o la confiabilidad de la información incluida en dichas páginas web/aplicaciones y no asumirá ninguna responsabilidad sobre el material creado o publicado por terceros incluido en dichas páginas y aplicaciones. Además, SKF tampoco garantiza que esta página web/aplicación ni que esas otras páginas web/aplicaciones vinculadas estén libres de virus u otros elementos perjudiciales.

Servicios de terceros

Cuando mire contenido de YouTube a través de los sitios web de SKF (es decir, utilizando Servicios API de YouTube), usted acepta los Términos de servicio de YouTube.

Derechos de autor

Los derechos de autor de esta página web/aplicación y el derecho de autor de la información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación pertenecen a SKF o a los otorgantes de su autorización de uso. Quedan reservados todos los derechos. Todo el material autorizado para su uso mencionará al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar el material. La información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación no podrán reproducirse, duplicarse, copiarse, transmitirse, distribuirse, almacenarse, modificarse, descargarse ni explotarse de ningún otro modo para uso comercial sin la autorización previa por escrito de SKF. No obstante, sí podrán reproducirse, almacenarse y descargarse para su uso por parte de particulares sin la autorización previa por escrito de SKF. En ningún caso se podrá facilitar esta información o programas informáticos a terceros. Esta página web/aplicación incluye determinadas imágenes que se utilizan bajo licencia de Shutterstock, Inc.

Marcas comerciales y patentes

Todas las marcas comerciales, nombres de marcas y logotipos de empresas que aparecen en la página web/aplicación son propiedad de SKF o de los otorgantes de su autorización de uso, y no podrán ser utilizados de ningún modo sin la autorización previa por escrito de SKF. Todas las marcas comerciales autorizadas publicadas en esta página web/aplicación mencionan al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar la marca comercial. El acceso a esta página web/aplicación no concede al usuario ningún derecho sobre las patentes propiedad de SKF o autorizadas a SKF.

Cambios

SKF se reserva el derecho a introducir cambios o ampliaciones de esta página web/aplicación en cualquier momento.


[INICIO](#)
[EMPRESA](#)
[PRODUCTOS](#)
[CONTACTO](#)

NYLON

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL NYLON

Para conocer las **características técnicas** del **nylon**, el alargamiento a la rotura, densidades, fricción, resistencia a la rotura al impacto, a la tracción, y temperatura máxima y mínima de trabajo, así como para consultar las tablas de las medidas de barras y placas de **nylon** que suministra plasticbages, y los pesos de los distintos formatos a su disposición, tanto en **barras** como en **placas**, consulte las tablas referentes al **nylon** que aparecen a continuación:

PROPIEDAD	UNIDAD	NORMA	NYLON (PA6, PA66)
Alargamiento a la rotura	%	DIN 53455	>50
Conductividad Térmica	W/Km	DIN 52612	0,28
Coeficiente de dilatación Térmica de 20°C a 50°C	m/m K		85-10-6
Coeficiente de Fricción			0,3
Densidad	g/cm ²	DIN 53479	1,14
Dureza a la bola	N/mm ²	DIN 53456	136
Dureza "Shore"		DIN 53505	D75
Módulo de elasticidad	N/mm ²	DIN 53457	2.850
Punto de fusión	°C	ASTM D789	220
Resistencia Superficial		DIN 53482	5-1010
Resistencia al impacto	KJ/m ²	DIN 53453	3,8
Resistencia a la tracción	N/mm ²	DIN 53455	78
Temperatura máxima de utilización	°C	NORMAL	90
	°C	CON PUNTAS	150
Temperatura mínima de uso	°C		-40

POLIETILENO

POLIPROPILENO

ACETAL

NYLON

PVC

PRODUCTOS

BARRAS NYLON (PA6, Poliamida)

DIÁMETRO (mm)	Kg/M (Peso Teórico)
10	0,094
15	0,212
18	0,291
20	0,376
22	0,433
25	0,588
30	0,846
32	0,916
35	1,152
40	1,504
45	1,904
50	2,350
55	2,844
60	3,384
65	3,972
70	4,607
75	5,288
80	6,017
85	6,469
90	7,615
95	8,080
100	9,401

PLACAS NYLON (PA6, Poliamida)

ESPESOR (mm)	Kg/M (Peso Teórico)
4	4,79
6	7,18
8	9,57
10	11,97
12	14,36
15	17,95
20	23,94
25	29,93
30	35,91
40	47,88
50	59,85
60	71,82
70	83,79
80	95,76
90	107,73
100	119,70

110	11,375
120	13,588
130	15,888
140	18,426
150	21,153
160	24,067
180	30,460
200	35,814
225	47,594
250	58,757
280	70,195
300	84,611

BARRAS: 3.000mm, 2.000mm y 1.000mm de longitud; Color estándar: natural.

PLACAS: A consultar.

🔗 Volver a las [características generales del nylon](#)



Catálogo Técnico

Perfiles Estructurales



Perfiles estructurales / índice

Detalle	referencia
Ángulos alas iguales.....	05
Ángulos alas desiguales.....	06
Perfiles doble T - Perfiles T.....	07
Perfiles U desiguales - Perfiles U iguales.....	08
Tubos rectangulares.....	09
Tubos cuadrados.....	10
Planchuelas.....	11
Tubos redondos extruídos.....	14

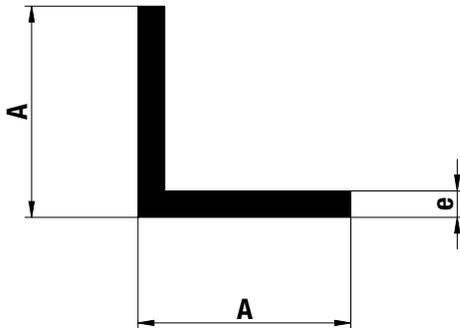
Perfiles estructurales



Prohibida la modificación, publicación o venta, total o parcial de estos documentos, sin la previa autorización por parte de Aluar División Elaborados.
La empresa se reserva el derecho de modificar total o parcialmente las especificaciones contenidas en este catálogo sin previo aviso.

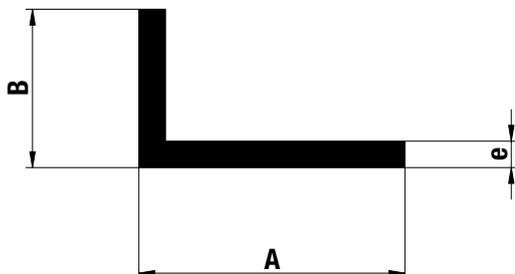
Este catálogo fue realizado en julio de 2018.

ÁNGULOS ALAS IGUALES



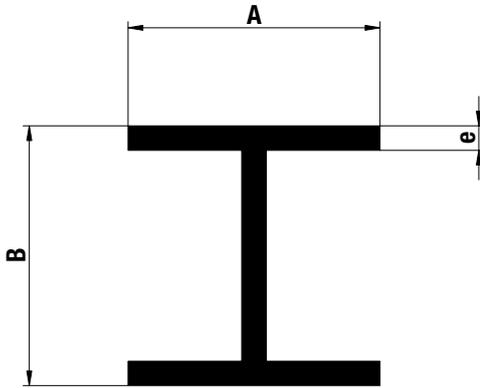
Perfil	A	e	Peso kg/m
MPN-011	12.00	1.50	0.093
MPN-085	15.87	1.50	0.122
MPN-086	20.00	1.50	0.157
MPN-120	25.00	1.50	0.197
MPN-089	25.40	1.20	0.162
MPN-087	30.00	1.50	0.238
PPN-2251	30.00	2.00	0.313
MPN-088	32.00	1.50	0.254
PPN-1942	32.00	3.00	0.494
MPN-091	38.00	1.50	0.302
MPN-031	38.00	2.00	0.407
MPN-032	38.00	3.00	0.603
MPN-093	50.00	1.50	0.400
MPN-017	50.00	3.00	0.786
MPN-042	50.00	4.00	1.050
M-1549	50.00	4.20	1.077
MPN-043	50.00	5.00	1.300
MPN-070	60.00	5.00	1.552
MPN-095	76.20	1.70	0.691
MPN-072	76.20	6.30	2.489

ÁNGULOS ALAS DESIGUALES



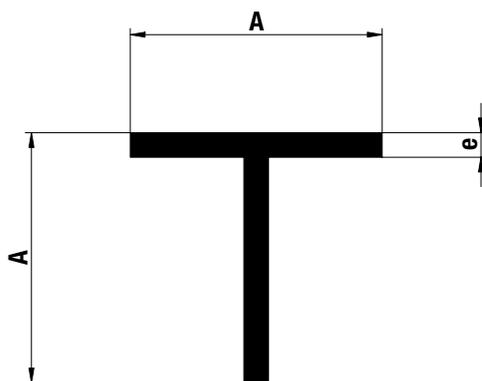
Perfil	A	B	e	Peso kg/m
PPN-3295	22.00	11.00	1.50	0.127
MPN-096	23.00	12.00	1.50	0.135
MPN-080	28.70	11.10	2.00	0.203
MPN-097	29.00	15.00	1.50	0.173
MPN-098	30.00	20.00	1.50	0.197
MPN-117	35.00	8.00	1.40	0.156
MPN-099	38.00	25.00	1.50	0.248
PPN-2101	40.00	20.00	3.00	0.462
MPN-100	50.00	25.00	1.50	0.297
MPN-027	50.00	25.00	3.00	0.583
MPN-038	50.00	38.00	4.00	0.925
PPN-3346	62.00	30.00	2.00	0.486
PPN-2300	100.00	20.00	2.00	0.637
MPN-075	100.00	50.00	6.00	2.332

PERFILES DOBLE T



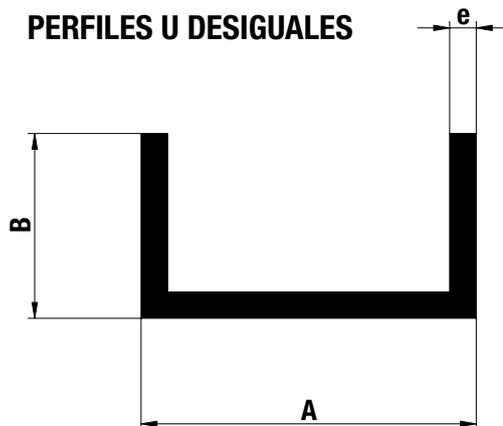
Perfil	A	B	e	Peso kg/m
P-2062	20.00	10.00	2.00	0.248
PPN-2025	51.00	53.00	5.00	1.957
P-3107	63.00	100.00	5.00	2.916
P-4359	76.20	101.60	6.35 y 4.74 en B	3.961
P-6853	88.00	80.00	6 y 8 en B	4.339
MPN-112	100.00	100.00	6.00	4.750
MPN-111	100.00	100.00	8.00	6.140
MPN-110	100.00	160.00	8.00	7.420
P-7095	164.00	164.00	12.00	15.228

PERFILES T



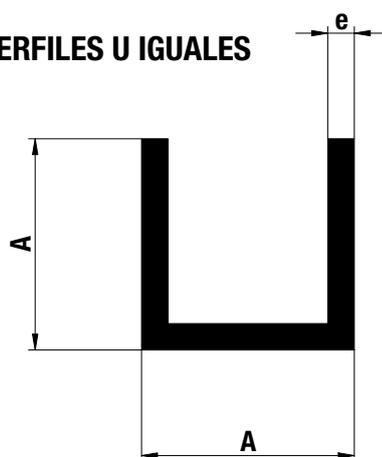
Perfil	A	e	Peso kg/m
MPN-004	15.00	2.00	0.152
MPN-005	20.00	2.00	0.205
MPN-006	25.00	2.00	0.259
MPN-103	25.40	1.20	0.162
PPN-3292	40.00	2.00	0.421
PPN-1935	80.00	8.00	3.283

PERFILES U DESIGUALES



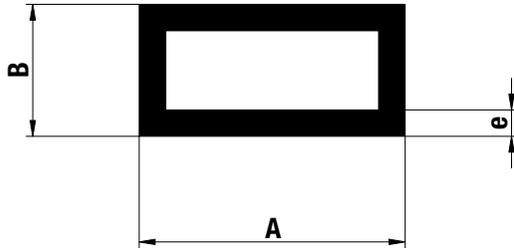
Perfil	A	B	e	Peso kg/m
MPN-146	13.30	26.00	1.30	0.219
PPN-2382	15.00	20.00	2.00	0.275
PPN-2385	15.00	25.00	2.00	0.329
PPN-2384	15.00	40.00	2.00	0.491
PPN-3158	19.00	25.40	1.60	0.289
P-6001	19.00	42.00	2,6 y FONDO 3	0.710
MPN-047	25.00	11.50	1.50	0.183
MPN-126	30.00	16.00	2.00	0.313
P-6687	35.00	50.00	4.20	1.393
PPN-4050	40.00	15.00	1.50	0.271
MPN-105	50.00	20.00	1.50	0.354
P-5786	50.00	28.00	4.00	1.083
MPN-082	74.00	60.00	5.00	2.484
MPN-068	102.00	52.00	6.00	3.142
MPN-083	150.00	100.00	6.00	5.476

PERFILES U IGUALES



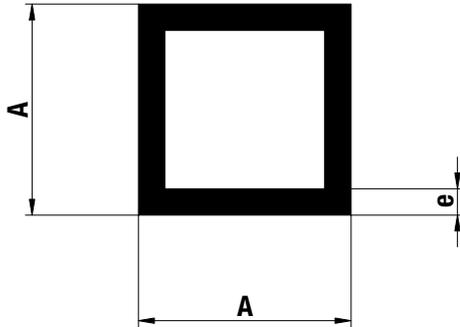
Perfil	A	e	Peso kg/m
MPN-058	12.00	1.15	0.108
PPN-2190	12.00	1.50	0.135
MPN-131	15.00	1.50	0.170
MPN-063	19.00	2.00	0.286
PPN-2596	20.00	2.00	0.302
PPN-2581	40.00	3.00	0.923

TUBOS RECTANGULARES



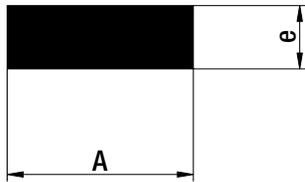
Perfil	A	B	e	Peso kg/m
PC-2236	20.00	10.00	1.50	0.218
MC-144	25.00	15.00	1.50	0.300
MC-276	25.00	15.00	2.50	0.473
PC-2671	30.00	12.00	1.50	0.316
MC-068	30.00	12.40	1.50	0.319
MC-145	30.00	20.00	1.50	0.381
MC-148	38.00	25.00	1.50	0.486
MC-147	40.00	20.00	1.50	0.462
PC-4279	40.00	20.00	2.00	0.605
MC-079	50.00	15.00	1.50	0.502
MC-169	50.00	20.00	1.50	0.543
MC-149	50.00	25.00	1.50	0.583
PC-2571	50.00	25.00	2.20	0.839
MC-152	50.00	38.00	1.50	0.689
PC-2655	50.00	38.00	2.50	1.120
MC-080	60.00	25.00	1.50	0.664
MC-150	60.00	30.00	1.50	0.705
MC-160	70.00	40.00	1.50	0.867
MC-122	70.00	40.00	2.00	1.145
MC-082	75.00	25.00	1.50	0.786
MC-179	75.00	25.00	1.75	0.913
PC-4288	75.00	25.00	2.50	1.283
MC-083	75.00	50.00	1.50	0.988
PC-4289	75.00	50.00	2.50	1.620
PC-3988	76.00	25.00	1.60	0.845
MC-283	83.00	38.10	4.80	2.892
PC-4833	90.00	40.00	2.00	1.361
PC-2569	100.00	25.00	2.50	1.620
MC-161	100.00	45.00	1.50	1.150
PC-4836	100.00	45.00	2.00	1.523
MC-301	101.60	25.40	3.20	2.084
MC-280	101.60	50.80	3.35	2.638
MC-084	115.00	50.00	2.00	1.739
PC-5366	125.00	50.00	2.30	2.117
MC-141	127.00	50.00	2.00	1.868
MC-302	120.00	80.00	1.85	1.961

TUBOS CUADRADOS



Perfil	A	e	Peso kg/m
MC-088	12.00	1.25	0.134
MC-091	15.00	1.25	0.185
MC-024	20.00	1.50	0.300
MC-020	25.00	1.50	0.381
PC-4268	25.00	2.00	0.495
MC-073	25.40	1.25	0.326
MC-054	30.00	1.50	0.461
MC-053	38.00	1.50	0.591
P-2698	40.00	1.50	0.624
PC-4276	40.00	2.00	0.821
MC-165	45.00	1.50	0.705
MC-142	50.00	1.50	0.786
MC-286	50.00	3.00	1.523
MC-143	60.00	1.50	0.948
PC-3109	75.00	2.00	1.580
MC-294	100.00	1.85	1.961
MC-293	127.00	2.30	3.097

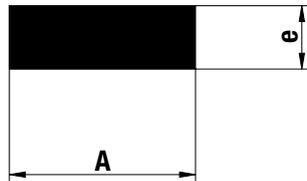
PLANCHUELAS



Perfil	A	e	Peso kg/m
P-3726	12.70	3.00	0.102
PP-4080	12.70	5.00	0.167
PP-3727	15.30	3.30	0.136
MP-052	19.00	2.00	0.102
MP-219	19.00	3.00	0.150
MP-022	19.00	4.00	0.205
MP-020	19.00	5.00	0.256
MP-058	19.00	6.00	0.305
PP-3746	20.00	3.00	0.162
MP-054	25.00	2.00	0.135
MP-171	25.00	6.00	0.402
MP-177	25.40	6.35	0.432
MP-190	25.40	9.52	0.650
MP-181	25.40	12.70	0.869
MP-183	25.40	19.05	1.304
MP-066	30.00	5.00	0.405
MP-124	30.00	6.00	0.481
MP-206	31.75	9.52	0.816
MP-127	32.00	1.50	0.130
MP-018	32.00	5.00	0.432
P-2065	32.50	26.00	2.281
MP-142	35.00	12.00	1.134
MP-129	38.00	1.50	0.154
MP-024	38.00	3.00	0.308
MP-180	38.10	6.35	0.651
MP-173	38.10	9.52	0.977
MP-195	38.10	12.70	1.303
MP-184	38.10	19.05	1.958
MP-185	38.10	25.40	2.611
MP-130	40.00	1.50	0.162
MP-165	40.00	5.00	0.540
MP-169	40.00	6.00	0.645
P-6780	42.00	27.00	3.052
MP-182	44.95	12.70	1.523
PP-2238	50.00	2.00	0.270
MP-064	50.00	5.00	0.675
MP-166	50.00	6.00	0.810
MP-012	50.00	10.00	1.350
PP-4108	50.00	27.50	3.713
PP-4104	50.00	32.00	4.320
MP-172	50.80	6.35	0.869
MP-174	50.80	9.52	1.304
MP-175	50.80	12.70	1.739
MP-179	50.80	19.05	2.611
MP-005	50.80	20.00	2.743

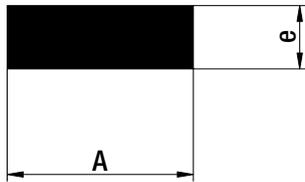
Perfiles estructurales / listado de perfiles

PLANCHUELAS



Perfil	A	e	Peso kg/m
MP-176	50.80	25.40	3.480
MP-208	50.80	31.75	4.352
PP-4105	51.00	19.00	2.613
P-6778	51.00	26.00	3.571
P-6777	52.00	40.00	5.605
MP-072	60.00	10.00	1.620
PP-3910	60.00	20.00	3.360
P-2612	60.00	25.00	4.042
MP-205	63.50	6.35	1.089
MP-189	63.50	9.52	1.629
MP-194	63.50	12.70	2.174
MP-197	63.50	19.05	3.263
MP-234	65.00	2.00	0.348
PP-2448	65.00	3.00	0.526
PP-1978	65.00	58.00	10.171
P-6779	67.00	62.00	11.206
MP-140	70.00	10.00	1.890
MP-204	70.00	15.00	2.835
P-3275	72.00	2.50	0.486
MP-131	76.00	1.50	0.308
PP-3750	76.20	5.00	1.029
MP-178	76.20	6.35	1.304
MP-188	76.20	9.52	1.955
MP-193	76.20	12.70	2.610
MP-196	76.20	19.05	3.916
MP-200	76.20	25.40	5.220
MP-203	76.20	31.75	6.530
MP-235	79.30	15.00	3.209
MP-167	80.00	6.00	1.293
P-6888	80.00	6.50	1.404
MP-038	80.00	10.00	2.160
MP-114	80.00	19.00	4.104
P-6776	80.00	39.00	8.415
P-2663	80.00	80.00	17.280
MP-214	82.50	3.00	0.667
MP-164	90.00	3.00	0.726
PP-5473	90.00	40.00	9.720
P-2664	90.00	90.00	21.870
MP-075	100.00	5.00	1.350
MP-045	100.00	10.00	2.700
MP-170	100.00	12.00	3.237
MP-099	100.00	15.00	4.050
MP-213	100.75	3.00	0.813

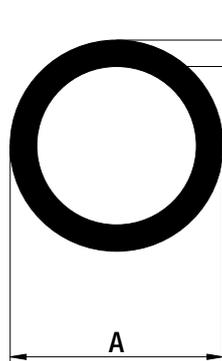
PLANCHUELAS



Perfil	A	e	Peso kg/m
MP-191	101.60	6.35	1.739
MP-207	101.60	9.52	2.608
MP-192	101.60	12.70	3.481
MP-199	101.60	19.05	5.220
PP-2487	101.60	25.40	6.966
MP-201	101.60	25.40	6.965
MP-202	101.60	31.75	8.700
P-6460	110.00	10.00	2.970
P-5688	114.00	114.00	35.022
PP-4900	115.00	3.00	0.932
PP-4119	120.00	2.00	0.648
PP-4120	127.00	6.35	2.177
MP-217	127.00	31.75	10.884
MP-109	150.00	14.00	5.670
P-2730	152.40	6.30	2.612
MP-168	160.00	10.00	4.317
PP-2055	180.00	15.00	7.285
PP-2619	180.00	20.00	9.717
PP-2620	180.00	30.00	14.577
PP-2662	180.00	40.00	19.437
P-3908	200.00	20.00	10.786
MP-119	213.00	22.00	12.652
MP-161	260.00	5.00	3.510
P-6894	280.00	8.00	6.043

Perfiles estructurales / listado de perfiles

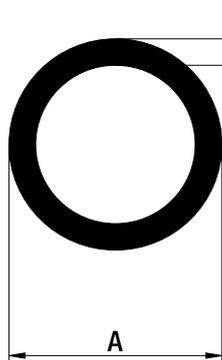
TUBOS REDONDOS EXTRUÍDOS



Perfil	A	e	Peso kg/m
PC-504	12.70	1.50	0.142
P-6509	15.87	1.15	0.140
PC-503	15.87	1.50	0.183
PC-507	15.88	2.00	0.235
P-6416	15.88	2.00	0.237
PC-505	16.00	1.50	0.184
P-6418	19.00	2.00	0.288
P-6507	19.05	1.15	0.175
PC-510	19.05	1.25	0.188
MC-185	19.05	1.50	0.224
PC-518	19.05	3.00	0.408
PC-994	22.00	3.00	0.483
MC-131	22.20	1.35	0.238
P-6508	22.22	1.15	0.205
PC-520	22.22	1.50	0.264
PC-521	22.22	2.00	0.343
P-6419	22.22	2.00	0.342
MC-281	25.00	1.15	0.232
PC-529	25.40	1.25	0.256
PC-530	25.40	1.50	0.304
PC-535	25.40	2.00	0.397
PC-537	25.40	2.50	0.486
PC-536	25.40	2.75	0.528
PC-126	25.60	2.85	0.548
P-6420	26.50	2.75	0.553
PC-549	28.00	2.00	0.440
MC-194	29.00	1.50	0.351
PC-555	31.75	1.50	0.386
PC-556	31.75	2.00	0.504
P-6417	31.75	2.40	0.596
MC-118	31.75	3.00	0.731
PC-557	32.00	1.50	0.388
PC-565	33.00	1.50	0.401
PC-579	34.50	1.50	0.421
PC-595	38.10	1.50	0.466
MC-188	38.10	3.00	0.894
P-6877	38.10	4.50	1.282
PC-609	40.00	2.00	0.645
P-6878	40.00	5.00	1.485
P-6421	41.28	1.70	0.572
PC-618	42.20	4.50	1.439
P-6876	44.00	5.00	1.655
MC-056	44.50	3.00	1.055
P-6422	45.00	2.00	0.729
PC-629	45.00	2.00	0.729
P-6879	45.00	5.50	1.841
MC-189	48.30	5.00	1.836
PC-656	49.00	3.00	1.169

Perfiles estructurales / listado de perfiles

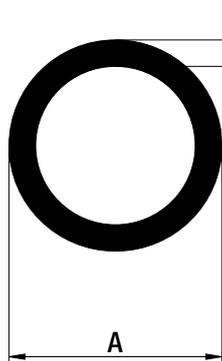
TUBOS REDONDOS EXTRUÍDOS



Perfil	A	e	Peso kg/m	Observaciones
MC-040	50.00	2.00	0.815	
MC-259	50.00	3.00	1.196	
PC-663	50.00	4.00	1.560	
PC-906	50.80	1.50	0.627	Riego
PC-666	50.80	2.00	0.827	
PC-667	50.80	3.00	1.216	
MC-269	52.80	1.70	0.737	
PC-686	54.00	7.00	2.792	
MC-275	55.00	5.00	2.120	
PC-705	60.00	2.00	0.984	
PC-706	60.00	3.00	1.449	
PC-707	60.00	5.00	2.333	
PC-709	62.00	9.00	4.046	
PC-713	63.00	5.00	2.460	
MC-059	63.50	3.00	1.540	
PC-911	69.85	1.50	0.870	Riego
PC-732	70.00	11.75	5.806	
PC-986	73.00	6.50	3.666	
MC-289	73.00	10.00	5.344	
PC-748	75.00	2.50	1.537	
PC-744	76.00	2.00	1.240	
PC-746	76.00	5.00	3.011	
MC-117	76.10	3.00	1.860	
PC-920	76.20	1.25	0.794	Riego
PC-925	76.20	1.50	0.950	
MC-061	76.20	3.00	1.860	
PC-754	80.00	5.00	3.181	
MC-130	80.90	2.00	1.339	
PC-800	81.00	2.50	1.676	
PC-761	82.20	3.00	2.015	
MC-111	82.35	6.00	3.877	
MC-221	85.00	3.70	2.552	
PC-762	86.50	5.00	3.435	
PC-774	88.90	5.48	3.878	
PC-930	89.00	1.25	0.930	Riego
PC-935	89.00	1.50	1.110	Riego
PC-768	90.00	3.00	2.214	
PC-778	98.00	1.50	1.228	
MC-042	100.00	2.00	1.663	
PC-779	100.00	2.50	2.067	
PC-766	100.00	6.00	4.784	
PC-945	101.60	1.50	1.274	Riego
PC-950	101.60	2.00	1.690	Riego
PC-771	101.60	2.50	2.101	
PC-949	101.60	3.00	2.509	Riego
PC-769	101.60	5.00	4.097	
PC-952	114.30	2.00	1.905	Riego
MC-262	114.30	3.05	2.878	

Perfiles estructurales / listado de perfiles

TUBOS REDONDOS EXTRUÍDOS



Perfil	A	e	Peso kg/m	Observaciones
MC-116	114.30	4.00	3.742	
MC-090	114.30	5.00	4.635	
MC-121	114.30	5.90	5.424	
PC-770	114.30	8.65	7.750	
MC-251	114.50	4.00	3.747	
PC-780	120.00	6.00	5.802	
PC-775	125.00	18.00	17.711	
PC-955	127.00	1.70	1.807	Riego
PC-956	127.00	2.00	2.119	Riego
MC-075	127.00	8.00	8.075	
MC-252	129.00	4.50	4.752	
PC-781	134.30	3.40	3.763	
MC-167	140.00	6.55	7.414	
MC-263	140.00	9.52	10.535	
MC-279	141.40	6.60	7.547	
MC-285	145.00	8.00	9.296	
MC-288	147.00	3.50	4.260	
MC-229	147.00	4.25	5.146	
PC-777	150.00	9.00	10.862	
P-5360	152.40	1.40	1.792	Riego
PC-965	152.40	1.70	2.173	Riego
PC-970	152.40	2.00	2.550	
PC-763	157.00	4.00	5.191	
MC-107	164.00	6.00	8.041	
MC-203	164.50	6.00	8.066	
MC-125	165.00	9.50	12.531	
PC-975	165.10	2.30	3.176	Riego
MC-250	165.40	6.20	8.372	
MC-205	168.00	8.00	10.857	
MC-278	168.30	11.00	14.677	
PC-782	172.75	10.00	13.775	
PC-985	184.10	2.70	4.151	Riego
MC-155	200.00	8.00	13.027	
MC-174	233.00	7.00	13.419	



RDO

Red de Distribuidores
Oficiales

RC©

Red de Carpinteros
Certificados

ALUAR ALUMINIO ARGENTINO SAIC

Administración: Pasteur 4600, B1644AMV, Victoria Buenos Aires
Argentina, Tel: +54 11 4725-8000

Sede Social: Marcelo T. de Alvear 590, piso 3°, C1058AAF C.A.B.A.
Argentina, Tel: +54 11 4313-7593 +54 11 4311-9026/5743

R.P.C. Nro. 2534, L° 72, F° 151, T° "A" de Est. Nac. 26/06/1970
asistenciatecnica@aluar.com.ar - www.aluar.com.ar



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	Características Técnicas	Formas Disponibles	Aplicaciones Típicas
1200	Aluminio 'comercialmente puro'. Muy dúctil en extruidos. Resistencia excelente a la corrosión.	Formas simples	Moldeados, tensionados ligeramente y ensamblajes decorativos para la construcción y el transporte, equipo para productos químicos, alimentos y sectores cerveceros; intercambiadores de calor.
6063	Conveniente para extruidos de secciones intrincadas de tensión media. Formas en temple T4. Alta resistencia a la corrosión. Buena terminación superficial. Excelentes características especialmente para anodizados.	Todas las formas. Tubos, barras.	Miembros arquitectónicos tales como barras y marcos de ventanas. Secciones del parabrisas. Embellecedores del transporte de carretera.
6061*	Aleación estructural para fines generales. Buenas características mecánicas, resistencia a la corrosión y soldadura.	Formas estructurales. Barras y tubos.	Aplicaciones estructurales de todas las clases. Camiones, vagones, grúas, puentes, azoteas etc.
6261	Aleación estructural de propósitos especiales. Buena terminación superficial y resistencia a la corrosión. Maleable en temple T4. Facilidad para soldar. Responde bien a los tratamientos superficiales, especialmente el anodizado.	Toda clase de formas. Barras y tubos. Ofrecido en temple T5 con las mismas características mecánicas que 6351 T6.	Las aplicaciones estructurales donde es importante la terminación de la superficie o donde están involucradas formas finas e intrincadas. Mástiles para yates. Carrozados para transporte carretero. Secciones de escaleras.

6351	La aleación recomendada para los propósitos estructurales, fuerte y con buena y resistencia a la corrosión general. Facilidad para soldar.	Formas estructurales. Barras y tubos.	Vehículos, puentes, grúas, azotea y todas las aplicaciones estructurales generales.
2011	Aleación para libre mecanizado de resistencia media que da virutas hechas fragmentos. No conveniente para anodizar.	Barras.	Productos para tornos automáticos.

Temples		
Extruidos	T3	Tratado en caliente y luego enfriado artificialmente.
	T4	Tratado en caliente y luego envejecido naturalmente.
	T5	Enfriado desde temperatura elevada y luego envejecido artificialmente.
	T6	Tratado en caliente y luego envejecido artificialmente.
	T8	Tratado en caliente, trabajado en frío y luego envejecido artificialmente.

Sitio

[Inicio \(index.html#intro\)](#)

[Servicios \(index.html#service\)](#)

[Descargar Catálogo \(img/001catalogo.pdf\)](#)

[Contacto \(index.html#contact\)](#)

Información Útil

[Nuestra Empresa \(nuestra-empresa.html\)](#)

[Características Técnicas \(caracteristicas-tecnicas.html\)](#)

[Información sobre el Aluminio \(info-aluminio.html\)](#)

[Usos del Aluminio \(usos-aluminio.html\)](#)

© Copyright 2015 - Extrusora Argentina. Todos los derechos reservados.

6061 Aluminum Alloy: Properties

General Characteristics

Characteristic	Appraisal
Strength	Medium to High
Corrosion Resistance	Good
Weldability & Brazability	Good
Workability	Good
Machinability	Good

Chemical Composition

Element	Minimum %	Maximum %
Magnesium	0.8	1.2
Silicon	0.4	0.8
Iron	No Min	0.7
Copper	0.15	0.4
Manganese	No Min	0.15
Chromium	0.04	0.35
Zinc	No Min	0.25
Titanium	No Min	0.15
Other Elements	No Min	0.05 each, 0.15 in total

Physical Properties

Property	6061-T4	6061-T6
Density	2.70 g/cc | 0.0975 lb/in ³	2.70 g/cc | 0.0975 lb/in ³

Mechanical Properties

Property	6061-T4	6061-T6
Tensile Strength	241 MPa | 35000 psi	310 MPa | 45000 psi
Yield Strength	145 MPa | 21000 psi	276 MPa | 40000 psi
Modulus of Elasticity	68.9 GPa | 10000 ksi	68.9 GPa | 10000 ksi

Thermal Properties

Property	6061-T4	6061-T6
Coefficient of Thermal Expansion @ 20.0 - 100 °C Temp	23.6 μm/m-°C | 13.1 μin/in-°F	23.6 μm/m-°C | 13.1 μin/in-°F
Thermal Conductivity	154 W/m-K | 1070 BTU-in/hr-ft ² -°F	167 W/m-K | 1160 BTU-in/hr-ft ² -°F