

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA DE
TRANSFERENCIA AUTOMATIZADA
PARA USUARIOS BARIÁTRICOS
DEPENDIENTES DE HASTA 200 KG"

TRABAJO FIN DE GRADO

Junio - 2021

AUTORA: Cristina Níguez Llopis

DIRECTOR: Jose María Marín López



ÍNDICE GENERAL

1. PRESENTACIÓN	3
2. OBJETO	4
3. ALCANCE	6
4. ESTRUCTURA DEL PROYECTO	7
5. NORMATIVA APLICADA	8



1. PRESENTACIÓN

Rois Medical S.L. nace de experiencias personales propias en el cuidado de personas con discapacidad y movilidad reducida (PMR) con la intención de mejorar la calidad de vida tanto de los usuarios de las mismas como de sus cuidadores, evitando lesiones que surgen a medio y largo plazo en estos últimos debido a la ejecución de tareas forzosas de forma repetitiva, así como para ofrecer la máxima autonomía posible a los usuarios.

Las sillas de ruedas son un medio destinado al transporte de personas con capacidad de desplazamiento limitada, así como las grúas son medios de elevación para el traslado entre superficies de pacientes. Combinando las ventajas que ambos productos ofrecen, Rois Medical S.L. diseña, desarrolla, produce, fabrica y comercializa la primera silla de transferencia existente en el mercado: KAHLO.

Con la firme intención de seguir mejorando la calidad de vida de las personas, Rois Medical S.L. invierte en investigación, desarrollo e innovación para la producción de un nuevo modelo de silla de transferencia para usuarios bariátricos, además de totalmente automatizada, pues el cuidado diario de usuarios con exceso de adiposidad generalmente conlleva labores fatigosas que derivan en lesiones críticas en las personas encargadas de su cuidado.

En el presente proyecto se desarrolla la producción y fabricación del nuevo modelo de silla de ruedas de transferencia bariátrica: AMELIA, bajo la ampliación de la patente EP 3 263 082.

2. OBJETO

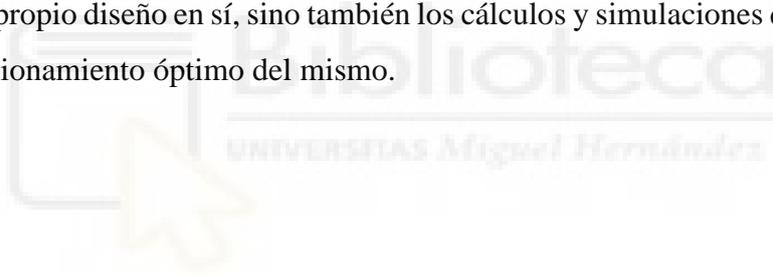
El objeto fundamental de este proyecto es dar solución a las necesidades detectadas en el sector sanitario mediante el diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de un nuevo modelo de silla de traslado, AMELIA, para la máxima autonomía de usuarios bariátricos, así como minimizar el riesgo de aparición de lesiones de espalda y hernias a medio y largo plazo en cuidadores.

En Rois Medical S.L. se desarrollan productos de apoyo innovadores que mejoran la calidad de vida de las personas con discapacidad física, nuestra mayor satisfacción es crear un entorno entre el usuario y el cuidador físicamente amigable, seguro y accesible, que facilite las labores de higiene de la persona dependiente y mejore su autonomía. No obstante, se pretende mejorar la calidad de vida no solo de las personas con discapacidad, sino también de todas aquellas personas que están a cargo de sus cuidados, para lo cual se tienen en consideración las tareas diarias que afrontan y las dificultades que implican, apostando, además, por un compromiso social para que las familias con menos recursos económicos puedan tener acceso a productos sanitarios de calidad.

Con el propósito de mejorar la calidad de vida de usuarios dependientes, de avanzada edad o con discapacidad que presentan sobrepeso u obesidad, aportando salud, seguridad, comodidad y autonomía, así como la de sus cuidadores, evitando que estos realicen tareas forzosas debido al sobreesfuerzo que implica la transferencia de pacientes con exceso de adiposidad, Rois Medical S.L. lidera el actual proyecto de innovación y desarrollo para el diseño de una silla de ruedas de transferencia totalmente automatizada para usuarios de hasta 200 kg, reuniendo las ventajas de dos productos en uno solo (silla de ruedas eléctrica y grúa de transferencia), ofreciendo versatilidad y adaptabilidad para usuarios y evitando lesiones de espalda y hernias a medio y largo plazo en cuidadores.

- **Objetivo técnico:** desarrollar un producto sanitario de ayuda técnica dentro del marco legal vigente que proporcione movilidad y soporte corporal, que permita realizar una transferencia cómoda, segura y totalmente automatizada para que el propio usuario sea quien realice el traslado entre superficies, siendo redundante la ayuda proporcionada por la persona responsable de su cuidado, así como de llegar a un mayor número de usuarios debido a la gran capacidad de carga que el producto ofrece.

- **Objetivo empresarial:** apostar por una elevada implicación en la sociedad con el propósito de que las familias con menos recursos económicos tengan acceso a productos sanitarios técnicos de calidad. Así como comercializar el producto no solo a nivel nacional y europeo, sino poder consolidar la entrada en el mercado americano, debido a que naciones como Estados Unidos y Canadá presentan las tasas más altas de sobrepeso y obesidad del mundo.
- **Objetivo personal:** desarrollar un producto técnico de calidad económicamente accesible que cumpla con las necesidades reales detectadas en el día a día de las personas con sobrepeso u obesidad con limitaciones de movilidad para conseguir una mayor independencia e inclusión de las personas con movilidad reducida en la sociedad, eliminando o, al menos, reduciendo, las barreras y dificultades a las que se enfrentan diariamente. Además de afrontar un desafío personal y profesional como lo es diseñar un producto dentro del marco legal sanitario, incluyendo no solo el propio diseño en sí, sino también los cálculos y simulaciones que garantizan un funcionamiento óptimo del mismo.



3. ALCANCE

Implementar un producto sanitario como solución a los problemas detectados en la vida cotidiana de usuarios bariátricos dependientes con movilidad reducida que incluye:

- diseño y desarrollo del producto;
- planificación del tiempo de producción;
- optimización de los recursos físicos y reducción de costos;
- ofrecer soluciones sencillas y seguras para los usuarios;
- incrementación de la satisfacción de los usuarios;



4. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

I MEMORIA

La memoria implica el capítulo introductorio donde se describen las funcionalidades tanto de las sillas de ruedas como de las grúas de transferencia, así como antecedentes, contexto y estudio de mercado para concretar los requisitos de diseño y realizar de forma correcta los cálculos, planteando soluciones a los problemas detectados y planificando los procesos del proyecto.

II PLANOS

Se adjuntan los planos generales para la correcta interpretación y dimensionamiento del producto, así como los elementos y subensamblajes que lo constituyen.

III PLIEGO DE CONDICIONES

Regula la forma de ejecución del proyecto, contiene la descripción general, aspectos legales y administrativos a tener en cuenta por los contratistas y relación de planos. Se definen los materiales, equipos, máquinas, instalaciones, etc. que constituyen el proyecto según la legislación vigente e incluye todos los aspectos económicos de la relación entre el promotor y el contratista.

IV PRESUPUESTO

Evalúa la viabilidad del proyecto propuesto y está constituido por las mediciones, en las que se recogen las cantidades de los distintos componentes que son empleados en el proyecto, también incluye los precios unitarios y la valoración global del coste.

V CONCLUSIONES

Tras la finalización del proyecto, se expondrán las conclusiones y reflexiones finales.

VI BIBLIOGRAFÍA

Organización, clasificación y descripción de los documentos y fuentes informativas que han nutrido la investigación y desarrollo de este proyecto.

5. NORMATIVA APLICADA

La silla de ruedas debe permitir que el usuario lleve una vida activa sin causar efecto negativo alguno en su salud o su seguridad, debido a lo cual, al ser un producto sanitario, se han tenido en consideración para el desarrollo del proyecto las normativas nacionales e internacionales que aseguran un límite de calidad aceptable.

- ISO 7176 – 1:2014 Wheelchairs – Determination of static stability;
- ISO 7176 – 5:2008 Wheelchairs- Determination of dimensions, mass and manoeuvring space;
- ISO 7176 – 8:2014 Wheelchairs – Requirements and test methods for static, impact and fatigue strengths;
- ISO 7176 – 9:200) Wheelchairs – Climatic tests for electric wheelchairs;
- ISO 7176 – 14:2008 Wheelchairs – Power and control systems for electrically powered wheelchairs and scooters. Requirements and test methods;
- ISO 7176 – 19:2001 Wheelchairs – Wheeled mobility devices for use in motor vehicles;
- ISO 7193:1985 Wheelchairs – Maximum overall;
- UNE – EN ISO 9999:2017 Producto de apoyo para personas con discapacidad. Clasificación y terminología;
- UNE – EN ISO 12184:2014 Sillas de ruedas con motor eléctrico, scooters y sus cargadores. Requisitos y métodos de ensayo;
- UNE – EN ISO 14971:2012 Aplicación de la gestión de riesgos sanitarios a los productos sanitarios;
- UNE – EN ISO 10535:2007 Grúas para traslado de personas con discapacidad. Requisitos y métodos de ensayo;
- UNE – EN ISO 14155:2012 Buenas prácticas. Investigación clínica de productos sanitarios para humanos;
- UNE – EN ISO 7250 – 1 Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Definiciones de las medidas del cuerpo y referencias;
- UNE – EN ISO 2631 – 1:2008 Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Requisitos generales;
- UNE 111913:1991 Sillas de ruedas. Nomenclatura. Términos y condiciones;

- UNE 111914 – 1:1995 Sillas de ruedas. Determinación de la estabilidad estática;
- UNE 111914 – 11:1995 Sillas de ruedas. Maniqués de ensayo;
- UNE 111915:1991 Sillas de ruedas. Dimensiones totales máximas;
- UNE 111916:1991 Sillas de ruedas. Clasificación por tipos a partir de las características de aspecto;
- UNE 1039:1994 Dibujos técnicos. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales;
- UNE 157001 Criterios generales para la elaboración de proyectos;
- DBSUA Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad;
- Real Decreto 1591/2009 Regulación de productos sanitarios;
- Real Decreto 217/20021, de 30 de agosto, por el que se aprueba el reglamento de accesibilidad y supresión de barreras;
- D.C. 1993/42/CE Productos sanitarios;
- Proyecto Internacional INSHT/PN 543 de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.



I MEMORIA

1. Memoria descriptiva	13
1.1. Antecedentes	13
1.2. Contexto	15
1.3. Ayudas técnicas	19
1.4. Estudio de mercado	20
1.5. Diseño del producto	25
1.5.1. Tipos de discapacidad	26
1.5.2. Aspectos ergonómicos y estudio de la postura	28
1.5.2.1. Tamaño, forma y ángulo del asiento	29
1.5.2.2. Tamaño, forma y ángulo del reposabrazos	30
1.5.2.3. Respaldo	31
1.5.2.4. Reposapiés	33
1.5.3. Antropometría	33
1.5.4. Opciones de diseño	38
1.5.4.1. Elevación de asiento	39
1.5.4.2. Elevación del reposabrazos	40
1.5.4.3. Giro del subconjunto superior respecto del inferior	40
1.5.4.4. Extracción del apoyo antivuelco	42
1.6. Dimensiones del producto	42
1.7. Funcionamiento del producto	46
1.8. Actividades y uso del producto	50
1.9. Mantenimiento	52
1.9.1. Mantenimiento de los neumáticos	53
1.9.2. Mantenimiento de los motores	53

1.9.3. Mantenimiento de los amortiguadores	53
1.9.4. Mantenimiento del respaldo y el asiento	53
1.9.5. Mantenimiento del cinturón de seguridad	54
1.9.6. Mantenimiento del sistema de elevación de asiento	55
1.9.7. Mantenimiento del sistema de grúa	55
1.9.8. Mantenimiento del sistema de giro	55
1.9.9. Mantenimiento del reposapiés	55
1.9.10. Mantenimiento de las carcasas	56
1.9.11. Mantenimiento de las baterías	56
1.9.12. Mantenimiento de los mandos de control	57
1.9.13. Mantenimiento de alumbrado y conexiones eléctricas	57
2. Cálculos justificativos	58
2.1. Fuerzas internas en los apoyos	58
2.2. Diagrama de sólido libre en las ruedas	63
2.2.1. Rueda delantera	63
2.2.2. Rueda motriz	64
2.2.3. Rueda trasera	64
2.3. Sistema de amortiguación independiente	65
2.4. Vibraciones del sistema de amortiguación	66
2.5. Fuerzas internas en las columnas de elevación	71
2.6. Fuerzas internas en el reposabrazos	74
2.7. Estabilidad estática	76
2.8. Cálculo a cortante de la tornillería	78
2.8.1. Tornillería del reposabrazos	78
2.8.2. Tornillería de las ruedas	80

2.9. Cojinete de anillo de giro	81
2.10. Simulaciones mediante software informático	82
2.10.1. Análisis de tensión en las ruedas	83
2.10.2. Análisis de tensión del bastidor y chasis	88
2.10.3. Análisis de tensión del reposabrazos	94
3. Planificación.....	96
4. Estudio de seguridad	98



1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. ANTECEDENTES

Con el propósito de mejorar la calidad de vida no solo de personas dependientes, de avanzada edad y con discapacidad, sino también de la persona responsable de su cuidado, Rois Medical S.L. diseña y fabrica productos sanitarios de apoyo con la visión de ser una empresa líder en innovación, apostando por un alto compromiso social con el objeto de que las familias con menos recursos económicos puedan tener acceso a productos de apoyo de calidad.

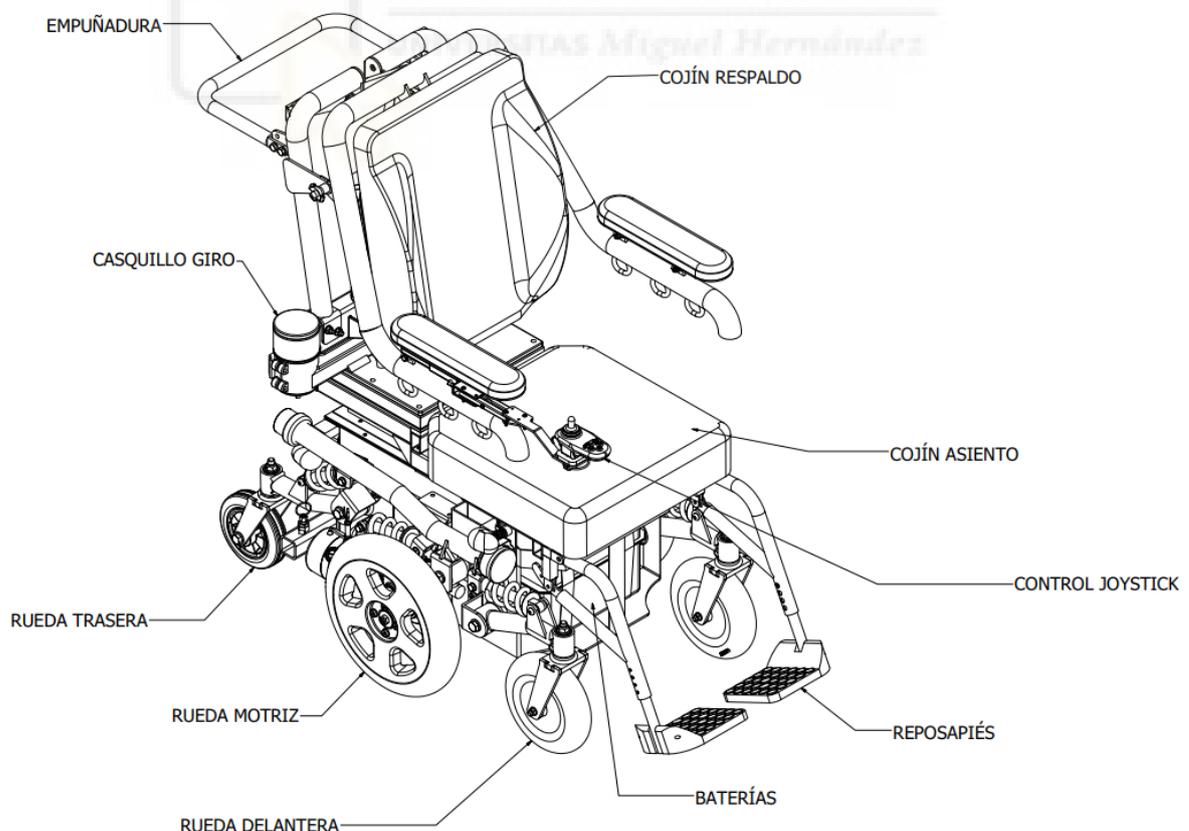
Rois Medical S.L. nace de experiencias personales propias en el cuidado de personas de avanzada edad o personas con diversidad funcional severa. Debido al conocimiento directo de las barreras y dificultades existentes en el cuidado de personas con movilidad reducida, se impulsa la decisión de producir bienestar, autonomía y seguridad, razón por la cual la investigación, desarrollo y mejora de nuevas tecnologías y productos sanitarios es una parte esencial de la empresa, surgiendo un nuevo proyecto de I+D+i según las necesidades detectadas en el mercado y en el día a día de los usuarios.

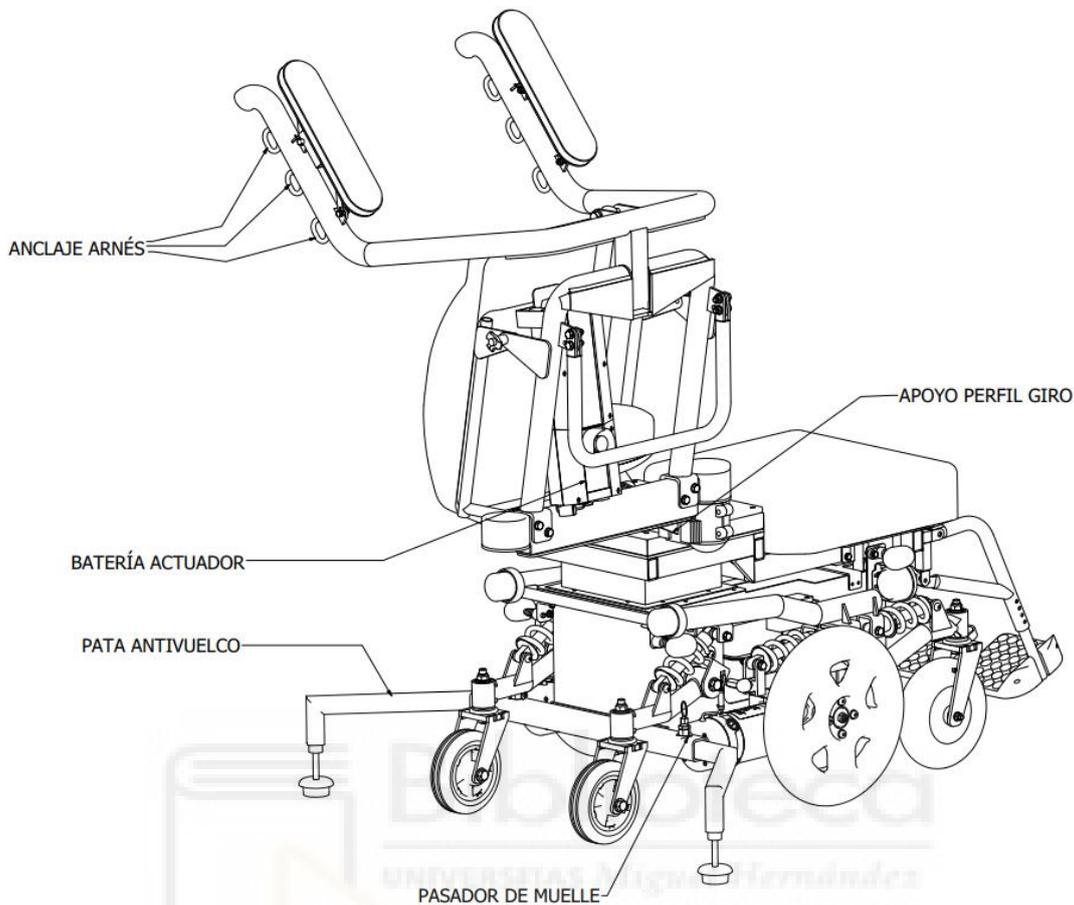
Por lo que, siendo la silla de ruedas uno de los medios de asistencia más frecuentes junto a las grúas o tablas de transferencia para mejorar la calidad de vida de los usuarios con discapacidad motora, tanto por factores accidentales, naturales o por avanzada edad, Rois Medical S.L. desarrolla su primer producto combinando ambos dispositivos para crear la primera silla de ruedas eléctrica de transferencia del mercado para usuarios que no excedan los 110 kg (incluidos complementos personales): KAHLO.

La cohesión de ambos dispositivos facilita la transferencia del usuario dependiente, una tarea forzada realizada generalmente por el cuidador, evitando lesiones de espalda y hernias a medio y largo plazo, además de aportar seguridad, autonomía y comodidad a la persona con movilidad reducida. Para la realización del traslado del usuario desde la silla de ruedas KAHLO a cualquier otra superficie y viceversa se requiere un cuidador, el cual acomodará al usuario en un arnés universal de tipo hamaca y sujetará los tirantes del mismo en los anclajes situados en ambos extremos del reposabrazos, a continuación, dispondrá correctamente sendas patas antivuelco para un traslado seguro y, habiendo quitado el casquillo de giro, comenzará con la elevación del reposabrazos hasta que el usuario dependiente quede suspendido a una altura ligeramente superior a la de traslado.

El cuidador hará girar el perfil superior hasta que el usuario quede sobre la superficie a ser transferido, es decir, girará 90 ° desde la posición de inicio y, entonces, el cuidador procederá descendiendo el reposabrazos hasta que la persona con movilidad reducida quede asentada sobre la superficie, quitará los tirantes de los anclajes liberando el arnés y, elevando al máximo el reposabrazos para evitar que pueda golpear al usuario, retirará la silla.

Con la comercialización de la primera silla de ruedas eléctrica de transferencia, se detectan nuevas necesidades en el mercado que, localizando las carencias y puntos de mejora de la silla KAHLO, se traducen en el desarrollo del actual proyecto de I + D + i. Nace así AMELIA, una silla totalmente automatizada para aportar mayor independencia y autonomía al usuario, además de una estructura diseñada para soportar un máximo de 200 kg (incluidos complementos personales), evitando sobreesfuerzos realizados por los cuidadores que puedan derivar en lesiones de espalda o hernias que aparecen a largo y medio plazo.





*Imagen 1. Silla de ruedas eléctrica de transferencia KAHLO
Fuente: Rois Medical S.L.*

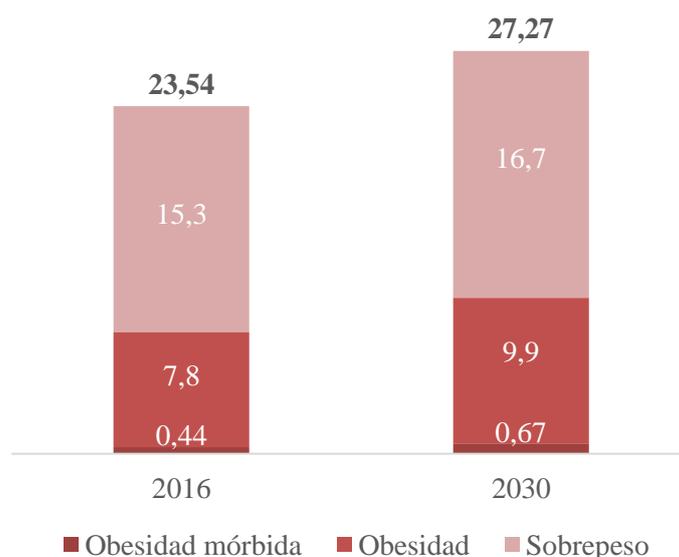
1.2. CONTEXTO

Tanto el sobrepeso como la obesidad se consideran enfermedades crónicas de origen multifactorial prevenibles caracterizadas por una acumulación desmesurada de grasa o hipertrofia general del tejido adiposo del cuerpo. Para realizar el diagnóstico nutricional de un individuo se manejan los valores de composición corporal como el Índice de Masa Corporal (IMC), siendo el indicador antropométrico empleado para reflejar las reservas corporales de energía por excelencia debido a su sencilla determinación por medio de la división de la masa del individuo entre su estatura al cuadrado. La Fundación Española del Corazón (FEC) advierte que la zona del cuerpo en la que se acumula la adiposidad es un factor de riesgo cardiovascular más importante que el exceso de peso en sí, pues la obesidad central presenta mayor relación con las enfermedades cardiovasculares que el IMC aislado, por lo que, además de este indicador, también es recomendable medir el perímetro abdominal o circunferencia de la cintura (CC), del cual se establece un valor máximo de 88 centímetros para la mujer y 102 para el hombre.

Clasificación	IMC	Riesgo de comorbilidad
Insuficiencia ponderal	< 18,5	Bajo
Intervalo normal	18,5 – 24,9	Promedio
Sobrepeso o preobesidad	25 – 29,9	Aumento mínimo
Obesidad clase I	30 – 34,9	Aumento moderado
Obesidad clase II	35 – 39,9	Aumento severo
Obesidad clase III	> 40	Aumento muy severo

*Tabla 1. Sistema de puntos de corte para la clasificación del estado nutricional de individuos adultos mayores de 18 años independientemente de su sexo
Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)*

La Organización Mundial de la Salud (OMS) lleva décadas lidiando un problema de salud pública cada año más acuciante, diversos estudios evidencian cómo la obesidad y el sobrepeso ganan terreno en todos los países, especialmente entre la población infantil. La prevalencia de la obesidad se ha triplicado desde 1980 en muchos países europeos, en España, cuatro de cada diez adultos padece sobrepeso y, uno de cada cinco, obesidad. En poco menos de una década, para 2030, se prevé que aproximadamente 27 millones de adultos españoles, el 80% de los hombres y el 55% de las mujeres, tenga problemas de obesidad y sobrepeso según las estimaciones de un estudio liderado por médicos del Hospital del Mar y científicos del Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM).



*Gráfico 1. Personas con exceso de peso en millones
Fuente: Instituto Hospital del Mar de Investigaciones Médicas*

Según un estudio presentado por la Sociedad Española de Cardiología (SEC), con datos extraídos del estudio ENPE (Encuesta Nutricional de la Población Española), la prevalencia de la obesidad y el sobrepeso a nivel nacional es una tendencia en auge que afecta ya a un 25% de la población, aunque con distribución desigual por comunidades, registrando las tasas más altas de obesidad en Ceuta y el Principado de Asturias, seguido de Andalucía, mientras que las tasas más bajas se observan en Castilla y León y el País Vasco.



Gráfico 2. Porcentaje de adultos mayores de 18 años con obesidad de acuerdo con un Índice de Masa Corporal superior o igual a 30 kg/m²
Fuente: Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social

Son diversas las causas que pueden tener un rol en la prevalencia de la obesidad y el sobrepeso, no obstante, la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece el factor fundamental en un desequilibrio energético entre las calorías ingeridas y las consumidas con la actividad diaria. Los factores elementales que derivan en obesidad y sobrepeso son tanto la transición alimentaria, cambiando las dietas basadas en alimentos frescos y cercanos a su estado natural, por otras repletas de productos ultra procesados y con alto

contenido calórico, así como el ritmo de vida urbana moderna, reduciendo la actividad física debido a la naturaleza cada vez más sedentaria de muchas formas de trabajo, de los nuevos métodos de transporte, la creciente urbanización, los elevados niveles de estrés y la falta de tiempo para comprar, cocinar o comer.

Asimismo, la globalización elimina fronteras entre los platos nacionales, empujando la cultura gastronómica del mundo hacia dietas occidentales, donde toman relevancia las cadenas de establecimientos de comida rápida, siendo una parte significativa de la dieta estadounidense, la nación con mayor tasa de obesidad según los datos facilitados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Las dietas *fast food* se asocian a una dieta deficiente y a un mayor riesgo de sobrepeso y obesidad, ya que frecuentemente se elaboran a base de ingredientes formulados para lograr un sabor o consistencia determinados y preservar la frescura, lo cual implica un elevado grado de ingeniería del alimento y técnicas de proceso que alteran substancialmente el alimento de su forma original, reduciendo su valor alimenticio, ya que la comida rápida contiene una alta cantidad de proteínas de origen animal, aditivos como potenciadores del sabor, conservantes y colorantes, abundante cantidad de azúcares simples, grasas saturadas, colesterol y sodio, además de tener un aporte bajo o nulo de fibras y vitaminas.

La Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) advierte de que las personas con discapacidad intelectual presentan mayor riesgo de obesidad y sobrepeso, aunque no precisamente por su discapacidad, sino debido a que a menudo encuentran más dificultades para comer de forma saludable, controlar su peso y mantenerse activas físicamente, lo cual deriva de la falta de opciones de alimentos saludables, la dificultad para masticar o tragar ciertos alimentos, el consumo de medicamentos que contribuyen a un aumento de peso, las limitaciones físicas que disminuyen la capacidad para hacer ejercicio, la falta de entornos accesibles para practicar deporte y la falta de recursos. Por lo que, con la tendencia creciente de sobrepeso y obesidad, problema que se acrecienta en personas con escasa movilidad por un estilo de vida más sedentario, se encuentran en el mercado multitud de productos bariátricos como el modelo de silla eléctrica Storm⁴ Max o la grúa de Jasmine de Invacare, la silla de ruedas eléctrica R320XL de Ayudas Dinámicas, la silla FOREST 3+ de Vermeiren, la grúa estándar para 200 kg de Ropox o la silla de ruedas Neo XXL de BB Iberia entre otros.

1.3. AYUDAS TÉCNICAS

Tal y como indica la Asociación de Usuarios de Prótesis y Ayudas técnicas (AUPA), una ayuda técnica consiste en aquel dispositivo o mecanismo que permita a las personas que presentan una discapacidad física, bien sea temporal o permanente, la realización de actividades que, sin dicha ayuda, no podrían ser realizadas o implicarían un sobreesfuerzo para su ejecución. De modo que, la ayuda técnica debe eliminar, o al menos reducir, las limitaciones que presentan las personas que las necesitan con el propósito de poder tener las mismas oportunidades sociales toda la población.

El grado de discapacidad y el entorno social del usuario son factores fundamentales para determinar la ayuda técnica adecuada para cada individuo, por lo que, para facilitar esta elección, la norma ISO 9999:2019, referida a la clasificación y terminología de los productos de apoyo para personas con discapacidad, categoriza los productos de apoyo:

- ayudas para medir el estado, mantener, entrenar o reemplazar las funciones del organismo (cuerpo);
- ayudas para el aprendizaje y formación de habilidades;
- dispositivos de asistencia adheridos al cuerpo para proporcionar funciones neuro esqueléticas musculares o relacionadas con el movimiento (órtesis) y reemplazar estructuras anatómicas (prótesis);
- ayudas para el autocuidado;
- ayudas para la implementación de actividades relacionadas con la movilidad;
- ayudas para la economía doméstica y la participación en el hogar;
- mobiliario, accesorios y otras ayudas para mantener la vida en un entorno interno y externo creado por el hombre;
- medios auxiliares de comunicación y apoyo a la información;
- herramientas auxiliares para la manipulación con objetos y dispositivos;
- herramientas auxiliares para monitorear y evaluar elementos medioambientales;
- ayudas para el trabajo y participación en el empleo;
- ayudas para el ocio y la recreación;

Esta clasificación abarca una amplia variedad de ayudas técnicas con su definición correspondiente, al centrarse el actual proyecto en una silla de ruedas eléctrica con grúa de transferencia incorporada, se definen ambos dispositivos de acuerdo a los apartados

12 23 06 y 12 36 03, los cuales se describen como *sillas de ruedas con accionamiento eléctrico y control electrónico* y *elevadores móviles para mover a una persona colocada en un asiento suspendido de cuerdas (eslingas)* respectivamente.

1.4. ESTUDIO DE MERCADO

No se sabe con certeza cuál puede considerarse la primera silla de ruedas o quién la inventó, en España, la primera silla de ruedas se hizo para el Rey Felipe II en 1595 por un desconocido. En 1655, Stephen Farfler, un relojero parapléjico alemán, construyó una silla de ruedas autopropulsada sobre un chasis de tres ruedas. En el año 1783, John Dawson de Bath, Inglaterra, inventó una silla de ruedas con dos ruedas grandes y una pequeña que superó a las demás sillas de ruedas a principios del siglo XIX.

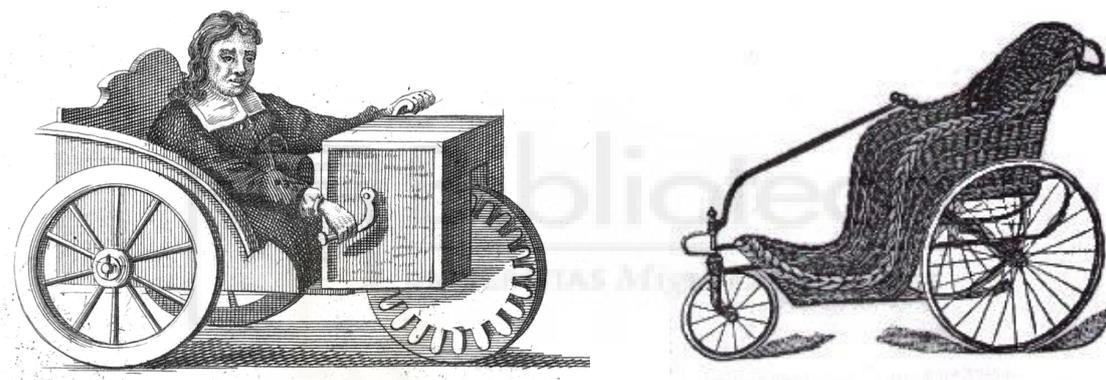


Imagen 2. Silla de ruedas de Stephen Farfler y John Dawson respectivamente

A finales de 1800, la silla de ruedas de Bath no era tan funcional y, durante la última mitad del siglo XIX, se hicieron muchas mejoras, una patente en el año 1869 mostraba el primer modelo con ruedas de empuje traseras y ruedas pequeñas delanteras tal y como se conocen hoy en día. Entre 1867 y 1875, los inventores añadieron nuevas ruedas de goma huecas similares a las utilizadas en las bicicletas con llantas de metal. En 1881, se inventaron los aros para la autopropulsión añadida.

En 1916, se fabricó en Londres la primera silla de ruedas motorizada, sin embargo, en esa época no hubo éxito en la producción y comercialización de este tipo de sillas de ruedas. La primera silla de ruedas eléctrica fue inventada por el canadiense George Klein y su equipo de ingenieros mientras trabajan con el Consejo Nacional de Investigación de Canadá en un programa para ayudar a los veteranos heridos que regresaban después de la Segunda Guerra Mundial. Everest & Jennings, la misma empresa cuyos fundadores

crearon la primera silla de ruedas plegable de acero tubular, fue la primera en fabricar la silla de ruedas eléctrica a gran escala a partir de 1956.

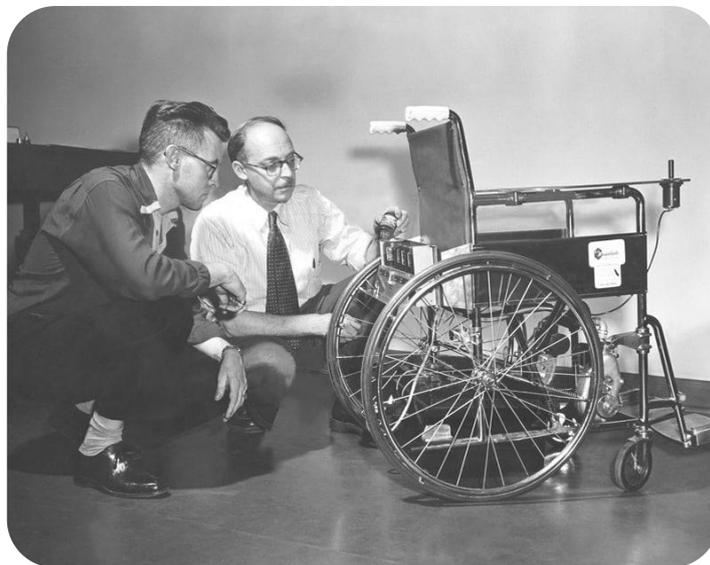


Imagen 3. George Klein, silla de ruedas eléctrica, 1952

Desde su creación y, gracias al continuo desarrollo e investigación de productos de ayuda técnica, las sillas de rueda se adaptan cada vez más a las necesidades específicas de cada individuo, algunas de estas innovaciones han aumentado incluso el sector al que pueden ir dirigidas. Teniendo en cuenta además que, gracias a los avances en medicina, cada vez es mayor el porcentaje de personas de la tercera edad, la demanda de sillas de ruedas aumenta año tras año, además de ser un sector que no presta las capacidades para hacer uso de una silla autopropulsada, sino que emplean tanto sillas de ruedas eléctricas como scooters.

La estadística muestra el volumen de mercado mundial de sillas de ruedas en 2010 y proporciona una previsión para 2018. Geográficamente, el área de comercio de EE.UU. y Canadá lidera el gasto en sillas de ruedas a nivel mundial y se prevé que esto continúe así en los próximos años, seguido de Europa. Junto al envejecimiento de la población, la disponibilidad de gasto en la clase media y alta de la población del Primer Mundo hace posible un crecimiento del 25% en el periodo comprendido entre el año 2014 y 2020. A esto se le añade el desarrollo de un mundo altamente tecnológico y la toma de conciencia por parte de la población de que la búsqueda de una buena calidad de vida, en todas las etapas de desarrollo y crecimiento del individuo, forma parte del estatus asociado al desarrollo de la sociedad del bienestar.

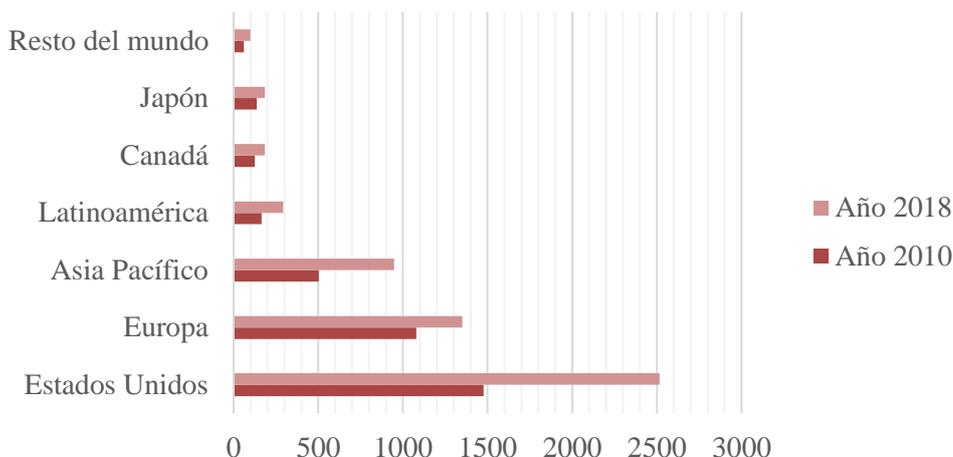


Gráfico 3. Volumen del mercado de sillas de ruedas en el mundo por región. Fuente: Statist Research Department, 29 sept. 2015

Debido a esta tendencia en auge, muchas empresas han encontrado una oportunidad de negocio en este sector y compiten buscando nuevos diseños más versátiles, cómodos, ligeros, atractivos, económicos y fáciles de transportar. Asimismo, la prevalencia de la obesidad, especialmente en personas dependientes, junto con el envejecimiento de la población y el crecimiento en la venta de sillas de ruedas, hace que cada vez haya más disponibilidad de productos bariátricos.

Vermeiren ofrece la silla Forest 3 +, una silla electrónica XXL con carga máxima de 250 kg, motores de 350w, ejes reforzados, tallas 50 y 60 cm de ancho de asiento y un total de 76 cm, con una profundidad ajustable de 45 – 50 – 55 cm y largo total de la silla de 113 cm a un precio de 6.190,00 €.



Imagen 4. Silla eléctrica Forest 3+ de Vermeiren. Fuente: www.vermeiren.es

La silla de ruedas eléctrica Storm 4 Max de Invacare está diseñada para una carga de hasta 220 kg, equipada con motores de 350 w y una autonomía de hasta 31 km, con una profundidad de asiento de 560 – 595 – 630 mm y una anchura desde 490 hasta 710 mm, con una longitud total de 1390 mm y un coste de 7.900,00 €.



Imagen 5. Silla eléctrica Storm 4 Max de Invacare. Fuente: www.invacare.es

BB Iberia ha desarrollado la silla bariátrica Neo XXL, con una capacidad de carga de 200 kg, con motores de 220 w y una autonomía aproximada de 40 km, con una anchura de asiento de 40 – 60 cm y una profundidad de 42 – 51 cm, así como una longitud total de 115 cm a un coste de 2.803,00 €.



Imagen 6. Silla eléctrica Neo XXL de BB Iberia. Fuente: www.bbiberia.es

El modelo de grúa bariátrica de elevación profesional Birde Evo XPlus de Invacare con percha de cuatro puntos y subida de hasta 210 kg permite una elevación ergonómica que posibilita rotar fácilmente 360 ° al paciente de forma cómoda y segura con un coste de 1.870,00 €.



Imagen 7. Grúa bariátrica Birde Evo XPlus de Invacare. Fuente: www.invacare.es

La grúa eléctrica de traslado y transferencia Jasmine de Invacare está destinada para uso hospitalario y domiciliario con una capacidad de carga máxima de 200 kg y un coste de 2.249,00 €.



Imagen 8. Grúa bariátrica Jasmine de Invacare. Fuente: www.invacare.es

1.5. DISEÑO DEL PRODUCTO

En Rois Medical S.L. se apuesta por la investigación, el desarrollo y la innovación continuada para diseñar nuevos productos de ayuda técnica económicamente accesibles, sin prescindir de calidad, funcionalidad, versatilidad, seguridad, confort y comodidad, para personas físicamente dependientes.

Mediante el lanzamiento de su primer producto comercial al mercado, Rois Medical S.L. desarrolla la primera silla de ruedas que combina las ventajas tanto de una grúa de transferencia como de una silla de ruedas eléctrica en un solo producto, la silla de ruedas KAHLO. Sin embargo, la acción de transferencia no está totalmente automatizada y, por tanto, la asistencia de un cuidador es imprescindible, además de ofrecer una capacidad de carga de hasta 110 kg. Con la intención de ampliar el sector de la sociedad a la que se dirige el producto inicial y mejorar la calidad de vida de más personas, nace AMELIA, que no solo unifica las ventajas de ambos dispositivos, sino que ofrece una autonomía total para el ocupante gracias a la completa automatización de la acción de transferencia, siendo el usuario quien, con la capacidad motora suficiente para ejecutar la tarea, realice el traslado entre superficies, como por ejemplo, de la silla al sofá, la cama o el inodoro y viceversa. Además de evitar la realización de tareas forzosas por parte de los cuidadores debido al traslado de usuarios con sobrepeso u obesidad que pueden derivar en hernias y lesiones de espalda a medio y largo plazo, ha sido diseñada para soportar una capacidad de carga de hasta 200 kg, siendo, por tanto, un producto XXL enfocado a una sociedad bariátrica que, de acuerdo al apartado 1.2. *Contexto* tiende a prevalecer.

La ambición del proyecto en cuestión implica el desarrollo y comercialización de un producto bariátrico sanitario de ayuda técnica, inicialmente enfocado al mercado español y europeo, pero con intención de abrir mercado en América del Norte debido a que es la nación con mayor porcentaje de población con sobrepeso y obesidad, debido a lo cual se hace uso de las normas establecidas por el Organismo Internacional de Estandarización (ISO), la adaptación nacional de la Norma Europea (EN) y los documentos normativos de la Asociación Española de la Normalización (UNE).

Rois Medical S.L. desarrolla, manufactura y comercializa la primera silla de ruedas eléctrica de transferencia KAHLO debido a experiencias personales que evidencian las carencias no solo de las personas dependientes, sino también de sus cuidadores. Siendo

una empresa comprometida con el bienestar social que, con la firme intención de seguir mejorando la calidad de vida de más personas, invierte en investigación para ofrecer un modelo actualizado a las necesidades de los usuarios bariátricos según su discapacidad y antropometría, así como los aspectos ergonómicos y el estudio de la postura, ofreciendo, por medio de un nuevo modelo de silla de transferencia, confort, seguridad, autonomía, independencia, bienestar y, en definitiva, calidad de vida a sus usuarios por medio de un producto versátil fácilmente manejable en cualquier momento y lugar deseado.

La silla de transferencia AMELIA es un producto diseñado para un único ocupante que no exceda los 200 kg (incluidos complementos personales), por lo tanto, de acuerdo con la norma UNE 111 915 – 01, donde se especifican las dimensiones totales máximas de las sillas de ruedas manuales y eléctricas, se define como una silla tipo III, diseñada para ocupantes con una masa superior a 125 kg. Asimismo, dicha norma especifica una longitud total máxima (l) de 1.200 mm, una anchura total máxima (b) de 700 mm y una altura máxima total (h) de 1.090 mm, por lo que, al superar dichas dimensiones puesto que es un producto adaptado a las medidas antropométricas de usuarios bariátricos (ver plano 1), pertenece a la clase C, siendo una silla de ruedas prevista no necesariamente para espacios interiores y que puede recorrer distancias más grandes y salvar obstáculos en el exterior.

1.5.1. TIPOS DE DISCAPACIDAD

En la 54ª Asamblea Mundial de la Salud del año 2001, la Organización Mundial de la Salud (OMS) aprobó el documento *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud*, que sustituyó al anterior *Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías*, proporcionando un mayor enfoque en los aspectos tanto sociales como contextuales, además de tratar la discapacidad como un factor universal. En él, se define la discapacidad como un término genérico que incluye déficits, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación, e indica aspectos negativos de la interacción entre el individuo (con una condición de salud) y sus factores contextuales ambientales y personales.

La población está conformada por grupos con limitaciones muy heterogéneas en la actividad, pero existen aspectos comunes que permiten disponer de una clasificación, la cual facilita el conocimiento de las mismas para establecer habilidades y estrategias para

emplear en la aplicación de técnicas dirigidas a la participación del usuario en el proceso de diseño, de esta manera se asegura la usabilidad del producto.

A continuación, se muestra una clasificación según el tipo de discapacidad realizada por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) junto con la Fundación CEDAT en el proyecto DATUS:

- a) Discapacidad auditiva: deficiencia auditiva leve (pérdida auditiva de 21–40 dB), moderada (pérdida auditiva de 41–70 dB), severa (pérdida auditiva de 71–90 dB), profunda (pérdida auditiva de 91–119 dB) o total (cofosis, pérdida auditiva de 120 dB o más).
- b) Discapacidad visual: disminución de la agudeza visual (dificultad para distinguir objetos próximos), campo de visión reducido (pérdida de campo visual central, periférico o ambos), pérdida de la percepción de profundidad producida cuando no hay visión binocular, visión nocturna reducida por una deficiente adaptación a la oscuridad o a lugares poco iluminados, fotofobia (espasmo ciliar causado por la exposición a la luz), disminución de la percepción de contraste (dificultad para distinguir un objeto del fondo que lo rodea), deslumbramiento y ceguera.
- c) Discapacidad física:
 - manipulación: limitaciones en actividades de transportar, desplazar y coger o soltar objetos;
 - destreza: limitaciones en actividades de utilización de manos y brazos, y de actividades de psicomotricidad, incluye las acciones coordinadas de manejo de objetos, coger, manipular y soltar utilizando una mano, dedos y pulgares;
 - movimiento: limitaciones para mantener y cambiar la posición corporal, así como trasladarse de un lugar a otro utilizando piernas, pies, manos y brazos;
 - fuerza: disminución de la fuerza generada por la contracción de un músculo o grupo de músculos al realizar una tarea;
 - resistencia: disminución de la capacidad de soportar fuerza, está relacionada con las funciones cardíaca y pulmonar;
 - habla: deficiencia relacionada con el sonido producido por órganos vocales, normalmente las alteraciones en la dicción influyen en aspectos tales como la articulación, volumen, fluencia, velocidad, melodía y ritmo.

d) Discapacidad psíquica:

- intelecto: disminución de las funciones mentales generales que se requieren para comprender e integrar de manera constructiva las funciones cognitivas y su desarrollo a lo largo de la vida;
- lenguaje y comunicación: deficiencia en la forma de intercambiar mensajes orales por medio de señales y símbolos con un significado propio que forman un código de comunicación;
- lectura y escritura: disminución de las funciones mentales específicas para el reconocimiento y utilización de señales, símbolos y otros componentes de un lenguaje;
- memoria: disminución de las funciones mentales determinadas de registro y almacenamiento de información y su recuperación según sea necesario;
- atención: disminución de la función mental por la que nos concentramos en un instante cualquiera en algo, ignorando total o parcialmente lo demás.

Estas deficiencias generalmente sitúan al individuo en una posición de inferioridad en cuanto a oportunidades sociales respecto al resto de individuos de su entorno, con la intención de conseguir su equiparación social se desarrollan las ayudas técnicas. La silla de transferencia AMELIA ha sido diseñada para solventar las necesidades detectadas de un sector de la población que, además de sobrepeso u obesidad, presenta algún tipo de discapacidad física de manipulación, destreza, movimiento fuerza o resistencia derivada o no de dicho exceso de adiposidad, eliminando o reduciendo la desigualdad social para proporcionar un estado de bienestar al usuario.

1.5.2. ASPECTOS ERGONÓMICOS Y ESTUDIO DE LA POSTURA

Aunque la posición de asentamiento pueda parecer segura, al permanecer el usuario largos periodos de tiempo sentado tiende a relajar el cuerpo, aparecen entonces una serie de cambios posturales y fisiológicos que pueden derivar, en mayor o menor medida, en la aparición de dolores de espalda, cuello y hombros, sensación de piernas dormidas, etc.

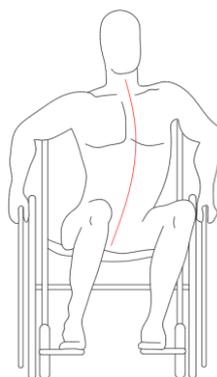
Cuando un individuo permanece sentado, tiende a flexionar el tronco hacia delante para compensar el giro que se produce en la pelvis, al estar flexionado, la presión sufrida por los discos intervertebrales aumenta. A su vez, la mayor parte del peso corporal es soportado por los tejidos blandos de las nalgas, lo que conlleva una reducción del flujo

sanguíneo y una compresión de los nervios de esta zona, afectando así a las funciones de las piernas. Es por ello que, los usuarios que permanezcan largos periodos de tiempo en silla de ruedas, deben mantener una postura correcta (erguida) de manera simétrica, solo así podrán disminuir estos efectos que sufre el organismo y reducir la presión sobre las nalgas y muslos.

Existen diversos factores que condicionan que el usuario pueda adoptar una postura correcta como su antropometría, el tamaño, forma y ángulo del asiento y la altura, forma y ángulo del respaldo, el reposapiés, el reposabrazos.

1.5.2.1. TAMAÑO, FORMA Y ÁNGULO DEL ASIENTO

Un asiento adecuado no solo estabiliza al usuario en la silla, sino que aporta confort puesto que la presión se distribuye de manera uniforme. Si el asiento es excesivamente ancho, el usuario puede sentarse de forma asimétrica, produciendo malformaciones en la columna, por el contrario, si es demasiado estrecho, se produce la aparición de escaras por presión. Asimismo, el asiento debe ser firme y estar nivelado, de lo contrario, si se hunde, el usuario se sentará de manera asimétrica haciendo que los muslos y las rodillas se empujen produciendo presión excesiva, pudiendo producir, en el peor de los casos, desviaciones en la columna al desplazar la cadera hacia un lado.



*Imagen 9. Postura asimétrica por asiento ancho
Fuente: elaboración propia*

Por otro lado, una profundidad de asiento demasiado corta provoca que la presión en las nalgas aumente al disminuir la superficie de apoyo en los muslos, sin embargo, si es excesivamente larga, aumenta la tensión en la zona del poplíteo y el usuario tenderá a deslizarse en el asiento para evitar dicha tensión. La longitud óptima es aquella en la que quede un espacio aproximado de cuatro dedos entre el final del asiento y el poplíteo del usuario, estando este en una posición correcta.

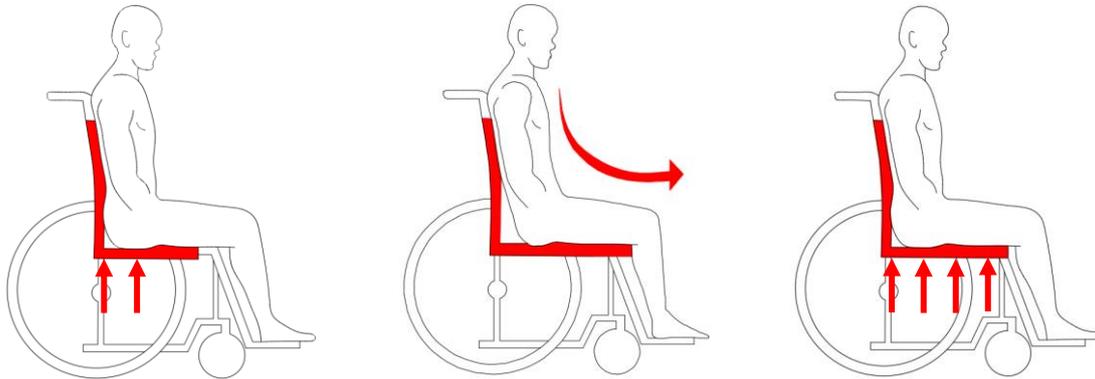


Imagen 10. Postura por profundidad de asiento demasiado corto, largo y óptimo respectivamente. Fuente: elaboración propia

Una buena postura está determinada por el ángulo de la cadera (entre los muslos y el tronco), ya que determina la estabilidad de la pelvis, siendo el ángulo adecuado de 90°. Con la utilización de cojines adaptados, más bajos por detrás para acomodar la forma de las nalgas, se consigue alcanzar este ángulo, además de ayudar a reducir la presión que sufren los tejidos blandos.

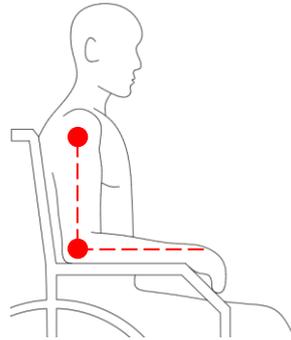
Para un diseño óptimo de las dimensiones del asiento de la silla de ruedas AMELIA, se ha tenido en consideración tanto la antropometría de los usuarios bariátricos como la amplia gama de productos XXL ya existentes en el mercado, por lo que se ha realizado una comparativa entre los mismos para considerar las dimensiones óptimas de la silla de ruedas AMELIA, ofreciendo esta una profundidad de asiento de entre 45 y 55 cm y una anchura de entre 52 y 65 cm.

Fabricante	Modelo	Capacidad de carga máxima (kg)	Ancho de asiento (cm)	Profundidad de asiento (cm)
Vermeiren	Forest 3 +	250	50 – 70	45 – 50
Invacare	Storm 4 Max	220	49 – 71	56 – 63
Ayudas Dinámicas	R320XL	202	52	60
BB Iberia	Neo XXL	200	40 – 60	42 – 51

Tabla 2. Comparativa de las dimensiones de asiento de sillas de ruedas bariátricas

1.5.2.2. TAMAÑO, FORMA Y ÁNGULO DEL REPOSABRAZOS

Los reposabrazos aportan bienestar al usuario, ya que permiten el descanso no solo de los brazos, sino también de los músculos del cuello, por lo que, cuando se ajustan de manera adecuada, los antebrazos del usuario apoyados deben quedar a 90 ° del húmero.



*Imagen 11. Apoyo adecuado del brazo del usuario
Fuente: elaboración propia*

Si los apoyabrazos están demasiado altos, los hombros quedan forzados hacia arriba, dando lugar a dolores musculares en la zona cervical, mientras que, si están demasiado bajos, el usuario tenderá a dejarse caer hacia un lado. Además, deben posicionarse a una altura óptima para hacer un uso cómodo del joystick, razón por la cual, la silla de ruedas AMELIA dispone de cuatro alturas de regulación para los reposabrazos.



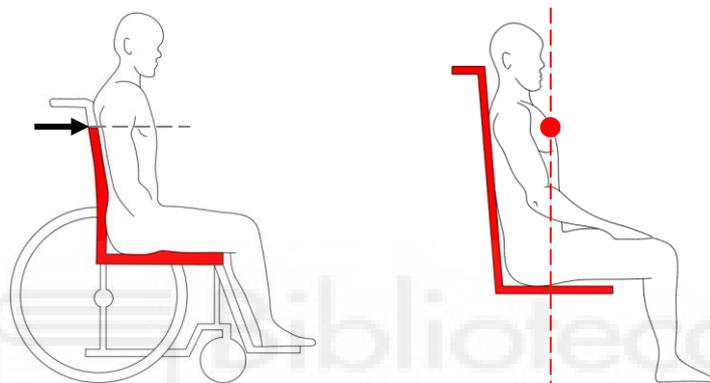
*Imagen 12. Opciones de altura de los reposabrazos de la silla de ruedas AMELIA
Fuente: elaboración propia*

1.5.2.3. RESPALDO

La altura mínima del respaldo de la silla de ruedas debe ser tal que se establezca la región lumbar superior, la decisión de utilizar un respaldo de mayor longitud depende de las necesidades o preferencias particulares del usuario, por ejemplo, si se presenta una lesión medular o es una persona que se inicia en el manejo de la silla de ruedas, es

recomendable emplear respaldos más altos, ya que proporcionan seguridad y soporte en el tronco. Por otro lado, los respaldos más bajos ofrecen mayor libertad de movimiento.

Una forma y ángulo adecuados aportan soporte y equilibrio en la parte superior del cuerpo, un respaldo totalmente recto implica que el centro de gravedad se sitúa en los hombros del usuario, obligándole a desplazarse hacia delante para compensarlo, es por ello que una ligera reclinación es siempre necesaria, así el centro de gravedad recae en el pecho y la posición es estable, no obstante, si la inclinación es excesiva, se reduce el campo visual.



*Imagen 13. Altura e inclinación correcta del respaldo
Fuente: elaboración propia*

La silla de ruedas AMELIA consta de una regulación de la inclinación del respaldo adaptable a las necesidades requeridas de cada usuario, aportando seguridad, estabilidad y comodidad.



*Imagen 14. Opciones de inclinación del respaldo de la silla de ruedas AMELIA
Fuente: elaboración propia*

1.5.2.4. REPOSAPIÉS

Al igual que ocurre con el ángulo de la cadera, las rodillas y los tobillos están en su posición idónea a 90° , sin embargo, no es geoméricamente posible en personas adultas, pues el libre giro de las ruedas delanteras se vería impedido, por lo que, para permitir este movimiento, se tiende a aumentar el ángulo de las rodillas ligeramente. Esto afecta al ángulo del reposapiés, en sillas deportivas, por ejemplo, el ángulo puede ser de unos 85° respecto al plano del asiento, en sillas eléctricas es algo inferior, y, aunque el ángulo puede reducirse hasta 60° , deberá ser siempre lo más próximo posible a 90° . Además, el reposapiés debe estar a una altura mínima de 30 mm respecto del suelo para evitar que quede enganchado con posibles obstáculos del suelo.

Respecto a la altura, si el reposapiés está demasiado bajo o el asiento demasiado alto, las rodillas del usuario estarán más bajas que su cadera y, por tanto, tiende a deslizarse en el asiento. Si, por el contrario, el reposapiés está demasiado alto o el asiento bajo, las rodillas estarán más altas que la cadera, aumentando la presión en las nalgas, reduciendo el flujo sanguíneo y comprimiendo los nervios, afectando a las funciones de las piernas.

La silla de transferencia AMELIA incorpora un reposapiés rígido de una sola pieza que, además de ser más resistente que los abatibles, usados estos cuando, por ejemplo, los pies no quedan a la misma altura por motivos anatómicos y es necesario regularlos de manera individual, permite regular la altura para adaptarse a las necesidades propias del usuario aportando comodidad. Además, presenta un ángulo del reposapiés respecto de la horizontal de 75° y una altura del mismo de 114,11 mm.

1.5.3. ANTROPOMETRÍA

La antropometría es la disciplina que estudia las medidas del cuerpo humano, por lo tanto, es imprescindible su consideración en el diseño de cualquier elemento que vaya a entrar en contacto con las personas y juega un papel fundamental en la seguridad y en la ergonomía. Mediante la antropometría, es posible el diseño centrado en el usuario, cuyo objetivo es que el producto se adapte a las necesidades del usuario final conociendo las reacciones, capacidades y habilidades del mismo, aumentando su seguridad y bienestar, así como la eficiencia del producto. Aplicado a las sillas de ruedas, el conocimiento de las medidas del cuerpo humano permite que el usuario adapte la postura correcta en la silla, analizada en el apartado anterior, para proporcionar confort y calidad de vida.

Si bien, las medidas del cuerpo humano son variables entre individuos, mantienen una cierta distribución normal, por ello, los datos pueden expresarse fácilmente mediante percentiles, siendo estos usados en el diseño de productos de ayuda técnica. Se emplean dos percentiles, el P99 para medidas internas, con el fin de asegurar que usuarios de gran tamaño sean considerados en el diseño, y el P1 para medidas externas, al contrario que en el caso anterior, se asegura que usuarios de menor tamaño tengan alcance.

En la antropometría estática o estructural las medidas del cuerpo humano se realizan tomando el individuo en una posición fija. Estos valores son fundamentales en el diseño de las sillas de ruedas puesto que influyen directamente en su tamaño. A continuación, se reflejan las posturas o medidas estáticas más influyentes para el diseño de una silla de ruedas y según la norma UNE – EN ISO 7250 sobre *definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico*:

- a) altura de hombros, sentado: distancia vertical desde la superficie horizontal de asiento hasta el acromion (apófisis del extremo de la espina del omoplato, que se articula con la extremidad externa de la clavícula, formando así la articulación acromioclavicular);
- b) altura de codo, sentado: distancia vertical desde la superficie de asiento hasta el punto óseo más bajo del codo flexionado en ángulo recto (90 °), con el antebrazo en horizontal;
- c) anchura (bideltoide) de hombros: distancia máxima horizontal entre las máximas protuberancias laterales de los músculos deltoides derecho e izquierdo;
- d) anchura entre los codos: distancia horizontal entre las superficies laterales de la región de los codos;
- e) anchura de caderas, sentado: anchura medida en la parte más ancha;
- f) altura popliteal, sentado: distancia vertical entre la superficie horizontal de apoyo de los pies y la superficie inferior del muslo inmediata a la rodilla, doblada 90 °;
- g) longitud poplíteo – trasero (profundidad de asiento): distancia horizontal desde el hueco posterior de la rodilla hasta el punto posterior del trasero;

En la tabla contigua, se muestran los datos antropométricos, medidos en mm, de la población laboral de España en 1999, estudio en el que se recoge la anchura biacromial de hombros en lugar de la bideltoide para la población conjunta (hombres y mujeres).

Nº Ref. ISO 7250:2017	Designación	Tamaño muestra	Media	Desviación típica	Error típico	P1	P5	P50	P95	P99
1. Medidas tomadas del sujeto de pie (mm)										
1 (4.1.1)	Masa corporal (peso, kg)	1711	70,46	12,70	0,307	46,9	51,0	70,0	92,7	102,8
2 (4.1.2)	Estatura (altura del cuerpo)	1723	1663,23	83,89	2,201	1479	1525	1665	1803	1855
3 (4.1.3)	Altura de los ojos	1722	1557,96	82,31	1,985	1328	1423	1558	1699	1747
4 (4.1.4)	Altura de los hombros	1722	1382,12	76,28	1,838	1212	1256	1384	1508	1558
5 (4.1.5)	Altura del codo	1721	1027,24	58,03	1,393	900	932	1027	1122	1165
6 (4.1.6)	Altura de la espina ilíaca	1524	934,46	56,59	1,452	806	842	934	1028	1066
7 (4.1.8)	Altura de la tibia	1374	451,78	36,56	0,986	377	398	449	515	548
8 (4.1.9)	Espesor del pecho	1722	249,16	26,91	0,648	192	208	248	294	320
9 (4.1.10)	Espesor abdominal	1719	230,05	39,81	0,960	154	168	229	297	327
10 (4.1.11)	Anchura del pecho	1722	308,20	32,80	0,790	237	257	309	360	385
11 (4.1.12)	Anchura de caderas	1723	343,30	24,31	0,586	288	306	342	385	404
2. Medidas tomadas del sujeto sentado (mm)										
12 (4.2.1)	Altura sentado	1716	859,69	41,59	1,004	764	793	859	929	959
13 (4.2.2)	Altura de los ojos	1716	753,04	39,78	0,960	661	690	753	819	848
14 (4.2.3)	Altura del punto cervical	1716	631,26	35,23	0,850	552	574	631	688	714
15 (4.2.4)	Altura de los hombros	1719	578,66	33,70	0,813	500	524	579	635	660
16 (4.2.5)	Altura del codo	1711	224,98	26,44	0,639	169	182	224	269	294

17 (4.2.6)	Longitud hombro – codo	1721	354,75	25,48	0,614	291	312	356	395	410
18 (4.2.8)	Anchura de hombros, biacromial	1721	369,58	39,46	0,951	281	304	372	432	453
19 (4.2.10)	Anchura entre codos	1717	457,85	53,33	1,287	335	367	461	542	574
20 (4.2.11)	Anchura de caderas	1718	365,14	30,44	0,734	294	316	364	417	445
21 (4.2.12)	Longitud de pierna (altura del poplíteo)	1721	418,17	29,17	0,703	350	368	419	464	487
22 (4.2.13)	Espesor del muslo	1710	144,78	18,89	0,457	100	112	145	174	188
23 (no incl.)	Altura del muslo	1712	558,21	35,14	0,894	473	498	558	615	632
24 (4.2.15)	Espesor abdominal	1719	240,12	44,11	1,064	156	173	238	314	349
3. Medidas de segmentos específicos del cuerpo (mm)										
25 (4.3.1)	Longitud de la mano	1719	182,94	11,88	0,287	155	163	183	202	209
26 (4.3.3)	Anchura de la palma de la mano	1719	85,29	7,86	0,190	68	72	86	97	102
27 (4.3.4)	Longitud del dedo índice	1378	72,00	5,13	0,138	61	64	72	81	85
28 (4.3.5)	Anchura proximal dedo índice	1722	19,88	1,99	0,048	16	17	20	23	24
29 (4.3.6)	Anchura distal del dedo índice	1723	17,29	2,3	0,094	13	13	17	20	22
30 (4.3.7)	Longitud del pie	1721	251,55	17,80	0,429	210	221	253	279	290
31 (4.3.8)	Anchura del pie	1715	97,10	8,61	0,208	71	84	98	110	115
32 (4.3.9)	Longitud de la cabeza	1715	97,10	8,61	0,208	71	84	98	110	115
33 (4.3.10)	Anchura de la cabeza	1719	144,74	7,68	0,185	126	132	145	157	162

34 (4.3.11)	Longitud de la cara (nasion – mentón)	1570	124,97	11,48	0,290	104	110	124	142	159
35 (4.3.12)	Perímetro de la cabeza	1698	565,63	20,05	0,487	520	533	565	598	611
36 (4.3.13)	Arco sagital de la cabeza	1715	354,30	25,47	0,615	299	315	352	400	419
37 (4.3.14)	Arco bitragial	1718	359,51	19,80	0,478	312	326	360	391	402
38 (no incl.)	Distancia interpupilar	1717	62,76	4,39	0,106	52	56	63	70	73
4. Medidas funcionales (mm)										
39 (4.4.2)	Alcance máximo horizontal (puño)	1719	698,83	54,25	1,308	570	606	700	785	818
40 (4.4.3)	Longitud codo – puño	1715	335,93	25,58	0,618	275	292	337	376	393
41 (4.4.4)	Altura del tercer metacarpiano	1568	732,87	43,45	1,907	633	662	733	807	836
42 (4.4.5)	Longitud codo – punta de dedos	1717	447,32	30,23	0,730	381	396	448	495	514
43 (4.4.6)	Profundidad de asiento	1721	493,52	28,05	0,676	426	450	492	540	568
44 (4.4.7)	Longitud rodilla – trasero	1719	590,75	31,52	0,760	523	541	590	644	667
45 (4.4.8)	Perímetro del cuello	1718	368,31	37,21	0,898	292	308	373	425	448
46 (4.4.9)	Perímetro torácico, de pie	1707	968,86	91,01	0,203	788	826	970	117	1210
47 (4.4.10)	Perímetro de cintura, de pie	1721	871,72	118,93	2,867	642	680	872	1056	1147
48 (4.4.11)	Perímetro de la muñeca	1712	166,10	13,73	0,332	137	143	168	187	196

Tabla 3. Datos antropométricos de la población laboral española considerando ambos sexos conjuntamente (diciembre 1996 – corregidos octubre 1999).

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

Además, es necesario conocer los grados de movimiento que presentan los usuarios en las articulaciones involucradas en el manejo de una silla de ruedas eléctrica, así como su ángulo de movimiento. Para el manejo de una silla de ruedas manual, es importante realizar un análisis de movilidad de los hombros, el codo y las muñecas, sin embargo, para la manipulación de una silla de ruedas eléctrica, la articulación realmente relevante es el movimiento de la muñeca para la manipulación del joystick.

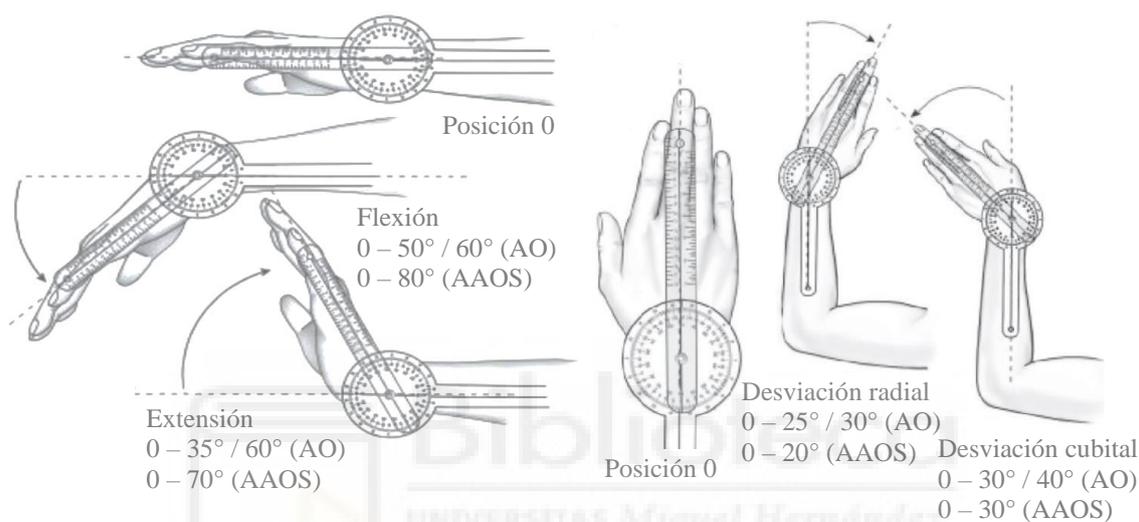


Imagen 15. Movimiento de la muñeca
Fuente: Asociación para el estudio de la Osteosíntesis (AO)

La articulación de la muñeca presenta cuatro grados de libertad. La flexión palmar o simplemente flexión, alcanza valores de hasta 60 ° y, en su movimiento opuesto, en la flexión dorsal o extensión, se llega igualmente a los 60 °. Lateralmente, se encuentran la desviación radial y la cubital con valores máximos de 30 y 40 ° respectivamente. Estos valores, así como los mostrados en este apartado, son datos orientativos que representan el movimiento normal de la muñeca de una persona recogidos por la Asociación para el Estudio de la Osteosíntesis (AO).

1.5.4. OPCIONES DE DISEÑO

Para el diseño y desarrollo del producto de ayuda técnica, se tendrá en consideración tanto el tipo de discapacidad y la antropometría del sector de la sociedad para el que está enfocado, como los aspectos ergonómicos y posturales. De modo que la silla de traslado AMELIA está planteada para solventar las necesidades de la población que, además de sobrepeso u obesidad, presenta algún tipo de discapacidad física, derivada o no de dicho

exceso de adiposidad, se hará uso de las medidas antropométricas referidas al percentil P99, referido a ocupantes con una masa corporal superior a 102,8 kg.

Además de una distribución óptima de los componentes comerciales personalizados y estándares, mecanizados y de fabricación propia, empleados para lograr una capacidad de carga del producto completo de hasta 200 kg, se presentan tres retos fundamentales en la automatización del producto para la total independencia del usuario bariátrico como lo son la elevación del asiento, la rotación del subconjunto superior respecto del inferior y la función de grúa por medio de la elevación del reposabrazos abatible.

Para lograr un producto versátil, eficiente, fácilmente manejable, cómodo y seguro, se plantean diversas alternativas que, barajando las ventajas e inconvenientes que cada una de ellas ofrece, se descartan o no para el diseño, manufactura y comercialización del nuevo modelo de silla de transferencia.

1.5.4.1. ELEVACIÓN DE ASIENTO

Para el mecanismo de ascenso y descenso del subconjunto superior se proponen dos alternativas, siendo tales tanto la instalación de una o varias columnas elevadoras, como el montaje de un mecanismo de elevación por tijera. La utilización de una única columna de elevación se descarta debido a que, a pesar de soportar cargas elevadas, en el diseño de la silla, la carga aplicada no se mantiene constante en su localización, sino que varía con el uso del sistema de giro para la transferencia del usuario, generando un momento considerable aplicado a la columna que hace declinar esta opción de diseño, pues no se fabrican para soportar grandes momentos, sino grandes cargas puntuales.

Por otro lado, respecto al mecanismo de elevación por tijera, se barajan dos opciones de instalación dependiendo de la ubicación del actuador, siendo un método de montaje la ubicación de un pistón en horizontal, cuyo vástago conecte a la unión de los apoyos móviles, realizando el movimiento de halar y empuje en la misma dirección que dichos apoyos, y cuyo actuador se conecte mediante una orejeta de sujeción a la base de la silla, ver figura *a*) *Tijera elevadora con accionamiento neumático horizontal* de la *Imagen 16*. Mientras que, otra opción de instalación consiste en ubicar dos actuadores de manera paralela a los bastidores, conectando el vástago con el apoyo central de unión entre los mismos y moviéndose en su misma dirección, de acuerdo a lo reflejado en la figura *b*. *Tijera elevadora con accionamiento neumático paralelo al bastidor* de la *Imagen 16*.



*Imagen 16. a) Tijera elevadora con accionamiento neumático horizontal;
b) tijera elevadora con accionamiento neumático paralelo al bastidor.*

El segundo método descrito para la instalación del mecanismo de elevación mediante tijera permite disponer de un espacio entre bastidores para la ubicación de las baterías y otros componentes, consiguiendo así un producto más compacto, por lo que esta versión de montaje se adapta mejor al diseño que se pretende desarrollar. No obstante, implica, no solo la sincronización de ambos actuadores lineales, sino un conjunto de componentes de fabricación exclusiva que, además de suponer una solución compleja, encarecen el producto final. Además de que los sistemas de elevación mediante tijera están diseñados para soportar cargas puntuales elevadas, pero no momentos excesivos, siendo, por tanto, la solución óptima para el diseño del producto planteado, la instalación de dos columnas sincronizadas de elevación, fabricadas estas por un especialista en el servicio de sistemas de actuadores lineales eficientes en el sector sanitario y hospitalario.

1.5.4.2. ELEVACIÓN DEL REPOSABRAZOS

El sistema de grúa se incorpora en la silla de transferencia mediante un reposabrazos rígido abatible que, por medio de dos actuadores sincronizados de forma paralela, imitan la elevación de una grúa portátil convencional, pues, en el extremo del mismo, se fijan las eslingas o tirantes del arnés universal tipo hamaca para dejar al usuario suspendido y proceder con la acción de transferencia.

1.5.4.3. GIRO DEL SUBCONJUNTO SUPERIOR RESPECTO DEL INFERIOR

Para la realización del giro de forma conjunta tanto del usuario como del subconjunto superior que ejerce de grúa, se plantean dos procedimientos alternativos. Por un lado, la implantación de un actuador lineal que permita un giro de 90 ° desde la posición de inicio para poder ubicar al usuario sobre la superficie a la que desea ser trasladado. Y, por otro lado, la instalación de un plato de giro de leva cilíndrica accionado mediante motor.

La instalación de un actuador lineal para la realización del giro dificulta el traslado entre superficies del ocupante debido a que, cuando este ya está ubicado sobre la nueva superficie de transferencia, no es posible retirar de forma segura la silla para acomodar al usuario. Es decir, el usuario está en suspensión a una altura ligeramente superior a la superficie de traslado, se procede con el giro del subconjunto superior hasta quedar a 90° desde la posición inicial y se desciende el reposabrazos hasta colocar al paciente sobre la superficie. Llegado este punto, el usuario permanece sentado sobre la nueva superficie y, si es posible, puede procederse retirando el arnés, no obstante, para poder acostarse si, por ejemplo, la superficie de traslado es una cama, es necesario retirar la silla, siendo la maniobra que causa inconvenientes, pues la silla no puede retirarse perpendicular a la cama porque el reposabrazos podría golpear al usuario aun estando en su altura máxima, además, al tratarse de ocupantes con movilidad física limitada, debe ser un proceso fácil y seguro, siendo la solución óptima el giro del subconjunto superior respecto del inferior de 180° desde la posición inicial, pudiendo retirar entonces la silla perpendicularmente a la cama protegiendo la integridad del ocupante.

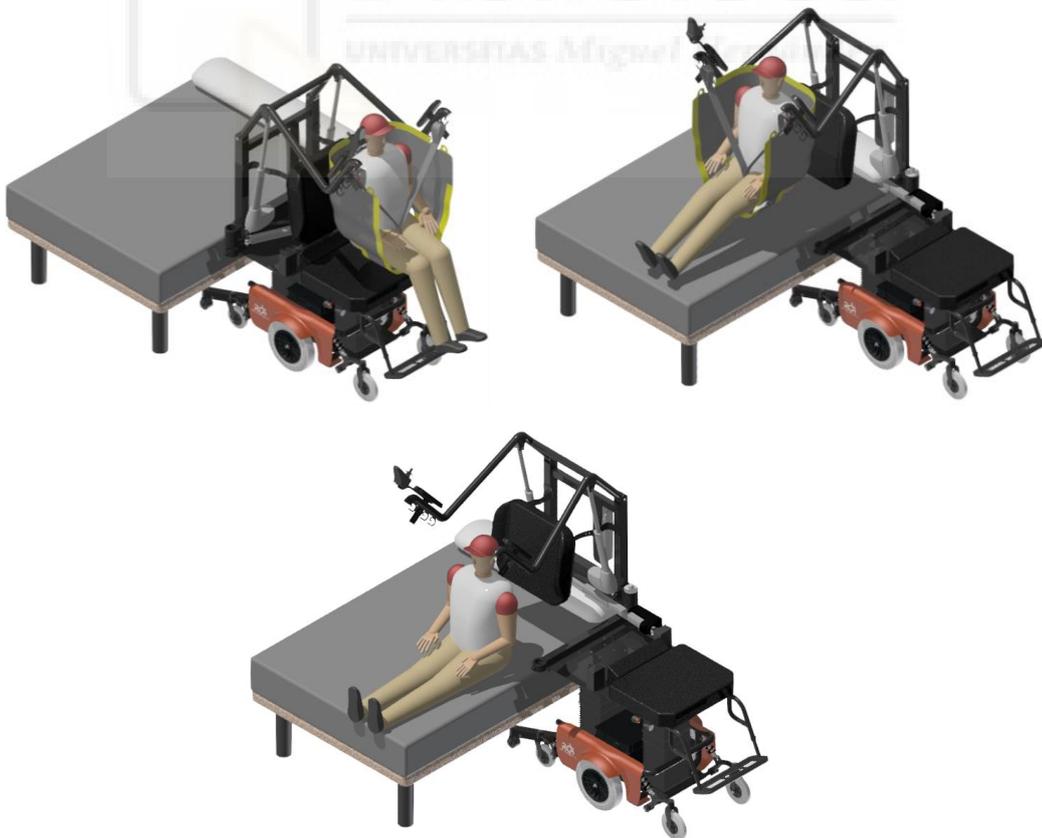


Imagen 17. Giro del subconjunto superior respecto del inferior mediante actuador lineal. Fuente: elaboración propia

Físicamente es imposible realizar el giro de 180° mediante el actuador lineal, por lo que se emplea un cojinete de aluminio anodizado duro de giro mediante leva cilíndrica y accionamiento por motor que, además de soportar una carga axial y radial elevada, resiste un momento de vuelco de hasta 3.800 Nm, siendo imprescindible que el plato de rotación esté diseñado para permitir momentos elevados derivados de la distancia entre el punto de giro y el centro de gravedad tanto del usuario como del subconjunto superior.



Imagen 18. Cojinete de aluminio anodizado duro de giro mediante leva cilíndrica

1.5.4.4. EXTRACCIÓN DEL APOYO ANTIVUELCO

La acción de transferencia implica un desfase elevando en la distancia entre el centro de gravedad del usuario y el subconjunto superior cuando estos están a 90° respecto del centro de gravedad del subconjunto inferior e intermedio, lo cual implica el riesgo de que la silla vuelque durante la realización del traslado del usuario entre superficies, pudiendo ocasionar lesiones críticas en el mismo si este suceso se produjese. Es por ello que, para eliminar este riesgo existente, se instala un mecanismo de apoyo totalmente automatizado que consiste en la extracción, mediante un actuador lineal, de una pata antivuelco que, en su extremo, dispone de una rueda maciza que ejerce de apoyo en la transferencia, de modo que se garantiza así la estabilidad estática y será el usuario quien, por medio del mando de control, accione la extracción e introducción del apoyo, aportando mayor autonomía y seguridad (ver plano 3).

1.6. DIMENSIONES DEL PRODUCTO

Tal y como se ha mostrado, el cuerpo humano presenta una amplia variabilidad de medidas, es por ello que en el mercado existe una multitud de sillas de ruedas de diversas dimensiones, pudiéndose catalogar las sillas de acuerdo a tres tipos según su tamaño.

Por una parte, están las sillas pediátricas, aquellas que, como su nombre indica, están destinadas a ser utilizadas por niños, siendo su tamaño menor al del resto de las sillas del

mercado y, además, en muchas ocasiones no son autopropulsadas, ya que los niños no se han desarrollado lo suficiente como para ser capaces de desplazar el peso de su propio cuerpo sumado al de la ayuda técnica. Muchos fabricantes producen este tipo de sillas con colores vivos con el fin de atraer a sus usuarios y hacerles sentir mejor.

Por otra parte, en el caso opuesto, las sillas de mayor medida son las bariátricas, esta ayuda técnica está destinada a personas de gran envergadura que necesitan una silla de mayor tamaño, ya que sus medidas son mayores y, además, se diseñan con un armazón más robusto para soportar mayor peso.

En un punto intermedio se sitúan la sillas de ruedas convencionales para personas adultas, aquellas cuyas dimensiones están reguladas en España por la Norma UNE 111 – 915 – 91 sobre *Sillas de ruedas. Dimensiones totales máximas*, teniendo equivalencia internacional con la Norma ISO 7193:1985 *Wheelchairs – Maximum overall dimensions*.

Esta norma tiene el objetivo de fijar los límites máximos de las dimensiones totales de las sillas de ruedas, eléctricas y manuales, con la finalidad de que sus usuarios puedan desplazarse sin interferencias, si bien, la norma indica un rango de valores habituales entre los que se comprenden dichas dimensiones. Además, de acuerdo con la norma, las sillas de ruedas se diseñan para uno de los siguientes tres grupos de masas de ocupantes de las sillas de ruedas: grupo de masa de ocupante I (usuario con masa inferior a 50 kg), grupo de masa II (usuario con masa entre 50 y 125 kg) y grupo de masa III (usuario con masa superior a 125 kg), perteneciendo la silla de transferencia AMELIA a este último.

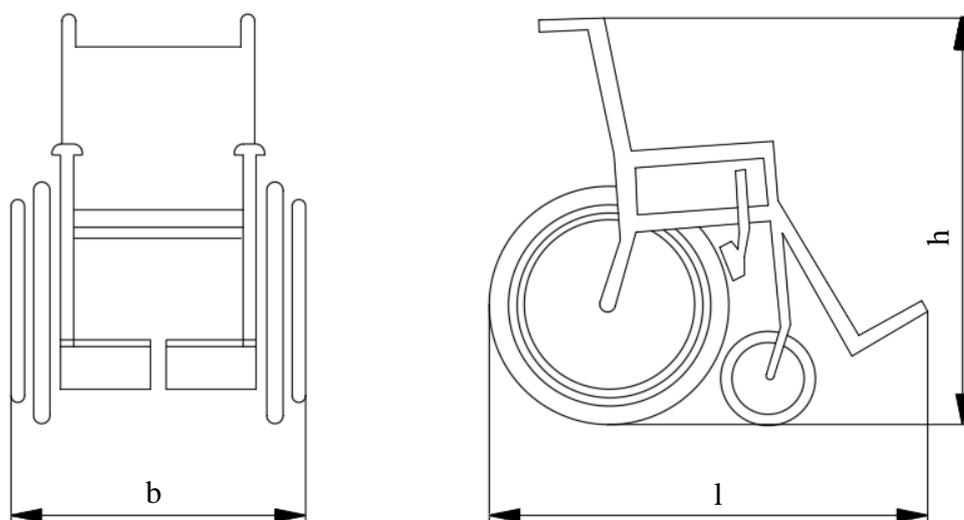


Imagen 19. Dimensiones de las sillas de ruedas
Fuente: norma UNE 111 – 915 – 91

Siendo:

- a) longitud total, l: distancia horizontal entre el extremo anterior y el posterior;
- b) anchura total, b: distancia horizontal entre los laterales extremos de la silla de ruedas cuando está en extensión completa, con el asiento totalmente extendido;
- c) altura total, h: distancia vertical desde el suelo hasta el punto más alto de la silla de ruedas.

Dimensión	l	b	h
Valor máximo (mm)	1.200	700	1.090
Rango (mm)	1.000 – 1.200	600 – 700	–

*Tabla 4. Dimensiones y rangos máximos de medida de las sillas de ruedas
Fuente: norma UNE 111 – 915 – 91*

Como la silla de ruedas AMELIA es un producto bariátrico, supera las dimensiones máximas según la norma, por lo que se categoriza en la clase C, el cual se describe para las silla de ruedas, normalmente de gran tamaño, que no están previstas necesariamente para ser utilizadas en entornos interiores y que pueden recorrer distancias más grandes y salvar obstáculos en el exterior.

Asimismo, para el dimensionamiento de la silla de ruedas, se tendrá en consideración la norma ISO 7176 – 5:2008 sobre la *determinación de dimensiones, masa y espacio de maniobra*, según la cual se indican unos valores de configuración, adjuntos en la tabla contigua, de referencia para silla de ruedas destinadas a usuarios con una masa superior a los 125 kg.

VALORES DE CONFIGURACIÓN DE REFERENCIA PARA SILLA DE RUEDAS	
Masa del ocupante (grupo III)	> 125 kg
Ángulo del plano del asiento	4 °
Profundidad del asiento efectiva	450 mm
Ancho efectivo del asiento	520 mm
Altura de la superficie del asiento hasta el borde	520 mm

Ángulo respaldo	10 °
Altura respaldo	500 mm
Altura empuñadura	950 mm
Anchura respaldo	520 mm
Reposapiés hasta asiento	450 mm
Pero no menos que el espacio libre del estribo	40 mm
Longitud reposapiés	150 mm
Ángulo de reposapiés con la pierna	90 °
Ángulo de la pierna con la superficie del asiento	97 °
Altura reposabrazos	200 mm
Desde la parte delantera del reposabrazos hasta el respaldo	320 mm
Diámetro de las ruedas fijas	Diámetro más grande
Rueda fija, posición horizontal (posición de la rueda motriz)	Posición media
Rueda fija, posición vertical	Posición media
Caída de la rueda	0 °
Ancho de huella de la rueda motriz	Posición media
Diámetro de las ruedas locas	Diámetro más grande
Ruedas locas, posición horizontal	Posición media
Ruedas locas, posición vertical	Posición media
Ruedas locas, posición del eje vertical	Posición media
Huella de las ruedas locas	Posición media
Desfase del eje y de la rueda loca	Vertical +1/-0
Inclinación rueda loca	vertical $\pm 0,5$
Camino rueda loca	50 mm

Tabla 5. Valores de referencia de los ajustes para sillas de ruedas sin llantas manuales
Fuente: norma ISO 7176 – 5:2008

1.7. FUNCIONAMIENTO DEL PRODUCTO

Las sillas de ruedas son uno de los medios de asistencia más frecuentes para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad motora, tanto por factores accidentales, naturales o por avanzada edad, ya que son dispositivos físicos que posibilitan o mejoran la realización de actividades del usuario, mermadas por discapacidades de tipo parcial o total. Las sillas de rueda son diseñadas para permitir el desplazamiento de personas con problemas de locomoción o movilidad reducida debido a una lesión, enfermedad física o neuronal, siendo esencial la adaptabilidad de la silla a cada caso de diversidad funcional.

Las sillas de ruedas eléctricas o silla motorizadas son un producto técnico sanitario de apoyo para personas con movilidad reducida (PMR) que disponen de un motor y una batería que le suministra energía para que el usuario o acompañante pueda llevarla sin necesidad de empujarla, siendo la principal demanda de personas con lesiones medulares altas que les impide la maniobra de una silla de ruedas manual, así como por personas con enfermedades invalidantes del sistema locomotor, entre las que destaca la esclerosis múltiple o ELA, o degenerativas. También son usuarios personas de avanzada edad, que no son capaces de manipular una silla de ruedas manual, y personas con enfermedades respiratorias graves o cardíacas.

Por otro lado, las grúas (de techo o portátiles) o las tablas de transferencia consisten en productos técnicos sanitarios de apoyo para el traslado de personas con movilidad reducida entre superficies de forma cómoda y segura, lo cual supone un menor esfuerzo para los cuidadores respecto a una transferencia manual convencional. Sin embargo, son productos que ofrecen poca versatilidad, ya que están previstos para su utilización en un determinado espacio adaptado para tal fin.

Mediante la silla de ruedas eléctrica KAHLO, Rois Medical S.L. ofrece un producto versátil que unifica las ventajas que ofrecen ambos dispositivos. No obstante, detectadas las necesidades del mercado, se afronta un nuevo desafío empresarial que consiste en el diseño, desarrollo y prototipado de una nueva versión que resuelva las problemáticas del diseño actual como lo son automatizar completamente la realización de la transferencia del usuario dependiente, siendo el propio ocupante capaz de realizarla por sí mismo con las capacidades motoras suficientes para ello, así como una capacidad de carga superior a los 110 kg que actualmente soporta la silla de ruedas KAHLO.

De acuerdo con las necesidades detectadas en el mercado y las carencias del modelo KAHLO, se desarrolla el proyecto para el diseño de una nueva versión de silla de ruedas eléctrica de transferencia, por lo que, teniendo en consideración la creciente prevalencia de la obesidad y el sobrepeso, especialmente entre las personas con movilidad reducida, y el sobreesfuerzo que ello implica por parte de los cuidadores al realizar la transferencia, nace AMELIA, una silla de ruedas motorizada de transferencia totalmente automatizada desarrollada para la resolución de la necesidad real existente en el día a día de personas dependientes con exceso de peso. La silla de transferencia AMELIA incorpora una grúa para realizar el traslado del paciente entre superficies, por ejemplo, de un inodoro o una cama o una silla y viceversa, sin necesidad de que el cuidador realice esfuerzo alguno ya que los procesos para el traslado están totalmente automatizados. Asimismo, incorpora un mecanismo sincronizado de columnas que permite elevar el asiento para realizar el traslado o para situar al individuo a la altura deseada, pudiendo, por ejemplo, desarrollar tareas diarias de un modo más cómodo o para una mayor integración social permitiendo que el ocupante mantenga el contacto visual con otras personas.



Imagen 20. AMELIA, vehículo eléctrico motorizado de transferencia autónoma para usuarios dependientes de hasta 200 kg de masa. Fuente: elaboración propia

La silla de ruedas eléctrica, AMELIA, ha sido diseñada para un único ocupante que no exceda los 200 kg (incluidos complementos personales), por lo que, de acuerdo con la normativa UNE 111 – 915 – 01, donde se especifican las dimensiones totales máximas de las sillas de ruedas manuales y eléctricas, se define como una silla de ruedas tipo III, diseñada para ocupantes con masa superior a 125 kg. Además, en dicha norma se indica una longitud máxima (l) de 1.200 mm, una anchura máxima (b) de 700 mm y una altura máxima (h) de 1.090 mm, por lo que, al superar dichas medidas (ver plano 1), AMELIA pertenece a la Clase C, la cual se define como una silla de ruedas, normalmente de gran tamaño, que no está prevista necesariamente para ser utilizada en entornos interiores y que puede recorrer distancias más grandes y salvar obstáculos en el exterior.

El reposabrazos es uno de los aspectos más innovadores de la silla de transferencia debido a que son abatibles y, en su extremo libre, se incorpora un dispositivo de anclaje que permite acoplar el arnés de sujeción diseñado especialmente para traslados. A pesar de sus grandes dimensiones, las cuales son debidas a la antropometría de los usuarios para los cuales está destinada, es una silla de ruedas eléctrica propuesta para un uso diario tanto en espacios exteriores como interiores, ya que consta de tracción central para minimizar el radio de giro y facilitar la maniobrabilidad en entornos interiores reducidos, así como de un sistema de suspensión independiente en las seis ruedas implementado para aportar el máximo confort al usuario durante la conducción por terrenos repletos de oquedades y un sistema de alumbrado de posición y giro para garantizar la visibilidad en entornos con poca luminosidad.

Conociendo los componentes principales empleados en el desarrollo del producto, la realización de la acción de transferencia del usuario desde la silla de ruedas AMELIA a cualquier otra superficie y viceversa, sigue un procedimiento semejante a la manera de proceder con la acción de transferencia mediante la silla de ruedas KAHLO, siendo, quien realice la transferencia, el propio usuario, con la capacidad motora suficiente requerida para tal fin. Por lo que, deberá, mediante la unidad de mando o joystick, situar la silla de transferencia de espaldas a la nueva superficie de traslado y proceder extrayendo el apoyo antivuelco mediante el botón destinado para tal fin en la unidad de control. Se procederá elevando el asiento hasta una altura ligeramente superior a la superficie de transferencia mediante el mecanismo de elevación de ambas columnas sincronizadas. A continuación,

el usuario deberá tener la autonomía suficiente como para acomodarse en el arnés de tipo hamaca y sujetar correctamente los tirantes (eslingas) del mismo en los anclajes situados en ambos extremos del reposabrazos (ver *Imagen 21. Anclajes del reposabrazos*), de modo que se proceda elevando el reposabrazos mediante ambos actuadores lineales, quedando el usuario suspendido en el aire y, por medio del joystick o mando de control, accionar el motor del cojinete de rotación hasta girar el usuario y el subconjunto superior 90° respecto a la posición de inicio. Se procederá descendiendo el reposabrazos hasta que el ocupante quede acomodado sobre la superficie de traslado, retirando las eslingas del arnés de los anclajes y extrayendo este elevando los muslos para retirar la parte inferior y reclinando la espalda hacia delante para la parte superior. Se elevará al máximo el reposabrazos para evitar que pueda golpear al usuario y se hará girar 180° el subconjunto superior desde la posición inicial, mientras el usuario se acomoda si, por ejemplo, la superficie de traslado es una cama, hasta quedar totalmente acostado. Seguidamente, se retira la silla de traslado en dirección perpendicular a la superficie de transferencia, quedando el usuario sobre la nueva superficie deseada.

Mediante el sistema de grúa, la silla de transferencia no solo ofrece facilidades para la ejecución de labores fatigosas y pesadas por parte del cuidador, como lo es el traslado, sino que, gracias a su total automatización, es el propio usuario quien podrá proceder a realizar la transferencias por sí mismo, así como labores de higiene que fueren requeridas y demás acciones que pueda realizar de forma autónoma gracias a AMELIA.



Imagen 21. Anclajes del reposabrazos. Fuente: elaboración propia

Asimismo, la silla de transferencia AMELIA, además de aportar comodidades para el traslado del usuario, es un vehículo cuya conducción está prevista para espacios tanto interiores como exteriores, prestando un sistema de amortiguación independiente en las seis ruedas para salvaguardar obstáculos, así como un sistema de alumbrado delantero y trasero, para una conducción segura en entornos con escasa visibilidad, e intermitentes para la señalización del giro.

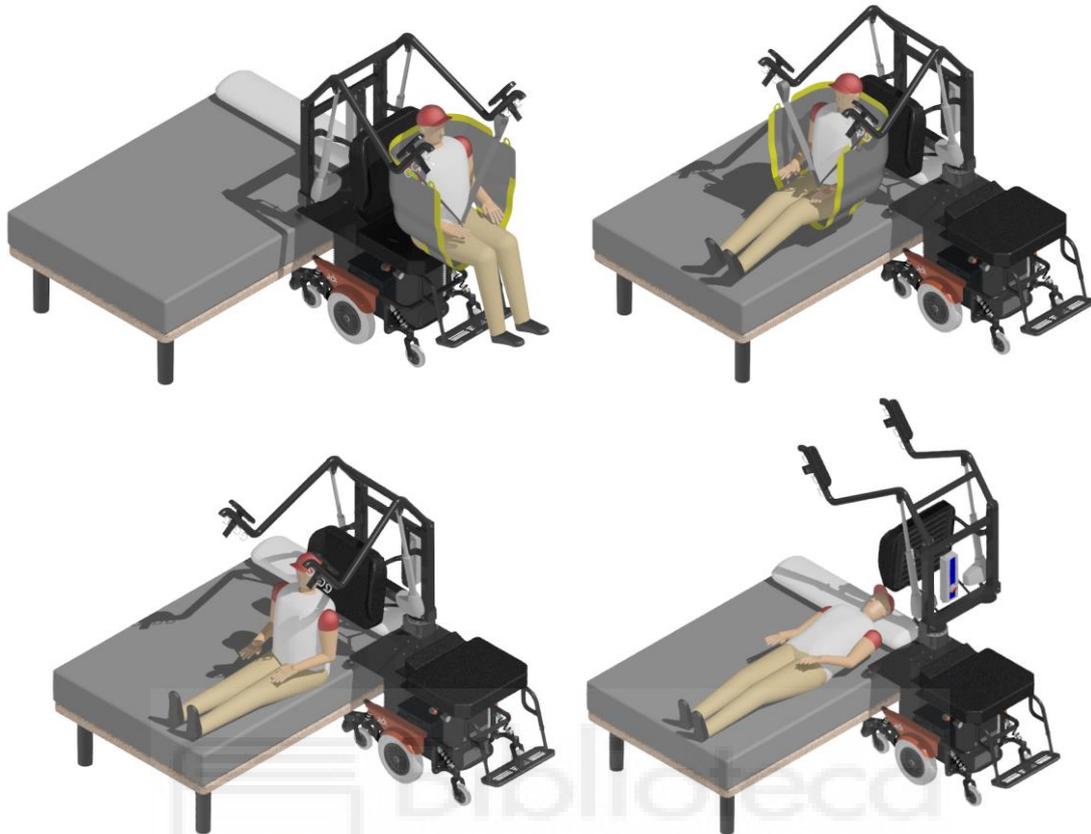


Imagen 22. Ejecución de la transferencia; a) asiento y reposabrazos elevado con usuario en suspensión, b) usuario sobre la superficie de traslado (giro de 90 °); c) usuario acomodado y arnés retirado; d) elevación máxima del reposabrazos y giro de 180 ° para retirar la silla. Fuente: elaboración propia

1.8. ACTIVIDADES Y USO DEL PRODUCTO

La silla de ruedas eléctrica con grúa de transferencia incorporada, AMELIA, es una ayuda técnica cuyo principal objetivo es proporcionar movilidad de conducción, soporte corporal y elevación y rotación para el traslado entre superficies, como tal, debe otorgar al usuario autonomía, calidad de vida y plena participación en la sociedad. Para que esto sea posible, es imprescindible que la ayuda técnica recibida por el usuario esté adaptada a sus necesidades personales, por ejemplo, la estructura de una silla de ruedas destinada a un adulto con sobrepeso u obesidad no es la misma que la necesitada por un niño con una contextura delgada, sin embargo, la silla seleccionada debe garantizar que no exista diferencia de oportunidades entre ambos casos o que sea lo más reducida posible.

En su rutina diaria, una persona dependiente con obesidad o sobrepeso necesita que la ayuda técnica le permita desenvolverse por sí mismo y desempeñar las actividades de la vida diaria en silla de ruedas, siendo tales principalmente:

- a) higiene personal, una actividad básica que incluye actividades como lavarse las manos, higiene bucal, etc. actividades que implican dificultad al realizarse por lo general de pie;
- b) uso del sanitario, actividad facilitada gracias a la adherencia de la grúa, ya que le permite al usuario estar suspendido por medio de un arnés sobre el inodoro;
- c) vestimenta, colocación de ropa, calzado, etc.
- d) alimentación, actividad que incluye el manejo de todos los utensilios necesarios para beber, comer y cocinar, tareas facilitadas mediante la elevación del asiento;
- e) uso de mobiliario, referido al uso de sillas, camas o sofás entre otros, actividad que implica la transferencia del usuario entre superficies, tarea que puede realizar de forma totalmente independiente gracias a la incorporación y automatización del mecanismo de grúa;
- f) ocupación y ocio, esta acción engloba las tareas relacionadas con el trabajo y la capacidad de desenvolverse abriendo puertas, muebles, etc., así como actividades deportivas y de esparcimiento social. La elevación de asiento aporta un beneficio tanto físico como psicológico debido a que permite conversar con otras personas manteniendo el contacto visual y disminuye el riesgo de lesiones en el cuello o en la parte superior de la espalda.

El usuario dependiente con sobrepeso u obesidad deber ser capaz de hacer uso de la silla de ruedas de forma rápida, fácil, intuitiva y con un alto grado de satisfacción en lo que a cubrir sus necesidades se refiere, todo ello garantizando su seguridad y comodidad, por lo que, conociendo las actividades diarias de los usuarios y congregando todos estos requisitos, se diseña la silla de ruedas AMELIA para el uso diario de los paciente.

La herramienta empleada por los profesionales en la orientación al individuo para la selección de ayudas técnicas centradas en sus necesidades es el método MUSA (método para la selección de ayudas técnicas bajo criterios de usabilidad), diseñado por el IBV, que genera un instrumento concreto de medida de la usabilidad para cada ayuda técnica.

Este método desarrolla guías que permiten medir la usabilidad de distintos modelos pertenecientes a una misma ayuda técnica (explicadas en apartado 1.3. *Ayudas técnicas*) con el fin de asegurar que el producto escogido es el adecuado según las características personales de quien lo va a utilizar. Para ello se analiza al usuario, tanto sus dimensiones

antropométricas como sus aptitudes, así como las actividades previstas, el entorno donde se prevé su uso y un estudio previo de los productos ya existentes en el mercado.

Analizando estos cuatro factores, la herramienta de usabilidad en la fase de selección permite evaluar las diferentes alternativas disponibles y adquirir la más adecuada para el usuario. En el actual proyecto se procede con una metodología similar, pues se desarrolla una silla de ruedas eléctrica con grúa incorporada que permite ser usada de forma fácil y segura, disminuyendo o eliminando la desigualdad social y proporcionando un estado de bienestar al usuario, adaptada a las necesidades requeridas por un segmento específico de la sociedad.

1.9. MANTENIMIENTO

La silla de ruedas eléctrica de transferencia AMELIA es un dispositivo que no solo proporciona movilidad, sino también traslado entre superficies, como tal, está compuesta por una serie de elementos que sufren desgaste con su uso. Si la silla escogida ha sido la adecuada según los factores nombrados en el apartado previo, es un instrumento capaz de proporcionar al usuario calidad de vida a la vez que seguridad, pero estas se podrían ver comprometidas por el desgaste de los componentes, por lo que es imprescindible un mantenimiento adecuado de la silla para que siga proporcionando al individuo la misma ayuda a lo largo de todo el periodo de vida útil de la misma sin perder sus cualidades.

La silla de ruedas AMELIA ofrece las funcionalidades tanto de una silla de ruedas como de una grúa de traslado, con un nivel óptimo de prestaciones en ambos aspectos, por lo que, para garantizar dicha asistencia y evitar el desgaste de sus componentes, será el propio usuario o el cuidador quien realice el mantenimiento para conservar la silla en perfecto estado y prolongar así su vida útil ofreciendo comodidad, seguridad, bienestar y calidad de vida para ambos. El producto se examinará diariamente a simple vista para garantizar que no muestra desperfectos y verificar que su funcionamiento es el habitual, asimismo, se limpiará una vez por semana con un paño ligeramente humedecido.

El usuario que manipule el sistema de control de la silla debe tener las capacidades cognitivas, físicas y visuales necesarias para no correr ningún tipo de riesgo durante la conducción y, es que, la silla de ruedas es un vehículo apto para exteriores e interiores, con una conducción suave por superficies irregulares debido a su sistema de suspensión independiente y con un radio de giro mínimo gracias a su diseño de tracción central, sin

embargo, el uso en entornos con alto porcentaje de humedad o temperaturas excesivas puede dañar su funcionamiento.

La silla de transferencia ha sido diseñada para cargas de hasta 200 kg, exceder el peso máximo permitido puede provocar daños fatales, así como expone tanto al usuario como a su cuidador a un grave peligro.

1.9.1. MANTENIMIENTO DE LOS NEUMÁTICOS

Los neumáticos implementados en la silla de ruedas AMELIA, tanto motrices como delanteros y traseros, son macizos, por lo que su desgaste es muy reducido. Para una utilización segura del producto, se comprobará de forma semanal los posibles cortes en los neumáticos, las señales de abrasión y el deterioro del dibujo de los mismos, marcas de desgaste que se derivan tanto del uso de la silla como del terreno por el que circule habitualmente.

1.9.2. MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES

Los motores solo requieren una limpieza semanal de la cubierta exterior con un paño ligeramente humedecido para retirar el polvo y posibles partículas adheridas a la misma. No se procederá con la realización de esta tarea inmediatamente después de haber usado la silla de ruedas un largo periodo de tiempo, se estima un tiempo prudencial de al menos 30 minutos antes de tocarlos para evitar quemaduras. Con una frecuencia anual, un técnico autorizado por Rois Medical S.L. realizará una inspección exhaustiva de ambos motores (izquierdo y derecho) para garantizar su correcto funcionamiento o para proceder con las tareas de reparación de los mismos si así fuese requerido.

1.9.3. MANTENIMIENTO DE LOS AMORTIGUADORES

Será el usuario quien detecte cambios en la comodidad del producto cuando circule por terrenos irregulares, lo cual implica una revisión de los amortiguadores y el cambio de los mismos si fuese necesario, realizando la tarea de sustitución un técnico autorizado.

1.9.4. MANTENIMIENTO DEL RESPALDO Y EL ASIENTO

Semanalmente se verificará que los anclajes, pasadores y fiadores están en perfecto estado y no muestran síntoma alguno de desgaste o rotura, así como que están ajustados en su posición adecuada.

Por otro lado, los cojines acolchados de la silla de rueda están conformados por una funda de poliuretano con propiedades bielásticas de alta calidad, su tejido suave presenta propiedades antiácidos, impermeable, transpirable, antialérgico y retardante al fuego. La postura ergonómica ideal del usuario puede variar debido a desperfectos que derivan en malestar e incomodidad, por lo que es importante asegurar que el cojín presenta todas sus funcionalidades y que estas no se han visto mermadas por el desgaste en el tiempo.

Los cojines, tanto el del respaldo como el del asiento y el lumbar, se han desarrollado a medida y presentan una cremallera lateral para retirar la tela y proceder con la limpieza en la lavadora si fuese necesario, proporcionando el fabricante las siguientes instrucciones de lavado para que el tejido no resulte dañado y siga aportando sus cualidades en un estado óptimo como lo es, por ejemplo, la transpiración:

- 
- Permite lavado a máquina hasta 30 °
-
- 
- Secar a baja temperatura
-
- 
- No admite cloro
-
- 
- Planchar a baja temperatura
-
- 
- Permite limpieza en seco con percloroetileno

No se debe utilizar ningún tipo de disolvente, lejía o abrasivos compuestos a base de aerosoles. Se puede hacer uso de desinfectantes diluidos, siempre según las indicaciones del fabricante del cojín. Asimismo, es importante asegurarse de enjuagar correctamente con agua limpia las superficies y dejarlas completamente secas antes de que vuelvan a ser reutilizadas.

El cuidador o usuario, si tiene la autonomía para realizar las tareas, debe leer siempre las indicaciones de la etiqueta de cualquier sustancia que vaya a utilizar en la limpieza de los diferentes elementos de la silla de ruedas AMELIA, así como se utilizará un paño humedecido para eliminar las manchas del reposabrazos, mecanismo de grúa, cinturones pélvicos, tapicería de cojín y respaldo, reposapiés, etc.

1.9.5. MANTENIMIENTO DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD

El cinturón de sujeción pélvica es un componente muy importante para prevenir que el usuario caiga o se autolesione, por lo que se comprobará que está en las condiciones adecuadas y no presenta ninguna muestra de daño como grietas o costuras rasgadas.

1.9.6. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN DE ASIENTO

Es importante asegurar que los fuelles no muestran deterioros, pues ambas columnas de elevación han de estar siempre aisladas de cualquier partícula o humedad que pudiera penetrar y dañar la funcionalidad de elevación de asiento. Por lo que se revisará de forma diaria el estado del fuelle con el fin de hallar posibles daños, además de semanalmente realizar, al menos, un ciclo completo del sistema de elevación de asiento con las silla de ruedas sin ocupante para comprobar que no haya desperfectos como vibraciones o ruidos.

1.9.7. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GRÚA

El dispositivo de grúa requiere un mantenimiento exhaustivo para que el usuario y el cuidador puedan hacer uso de él con total seguridad. La batería se cargará todas las noches para garantizar que prestará un servicio óptimo en el transcurso del día, además, no se debe hacer uso de la grúa si la batería del actuador tiene un 50% de carga o menos.

El reconocimiento del sistema de grúa incluye una verificación diaria del estado del reposabrazos, ya que ejerce de grúa de transferencia para el usuario y no debe presentar ningún daño o desperfecto. Se realizará semanalmente, al menos, un ciclo completo de transferencia sin usuario para comprobar que no existen desperfectos como vibraciones o ruidos. Para el sistema de grúa se instalan dos actuadores lineales sincronizados con una unidad de mando compatible, en caso de ser necesaria la sustitución de piezas, esta acción la deberá realizar un técnico autorizado por Rois Medical S.L.

1.9.8. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GIRO

El sistema de rotación del producto requiere un mantenimiento íntegro del indexador rotativo de aluminio anodizado y del resto de componentes implicados en el giro para que el usuario y cuidador puedan utilizar este sistema de forma segura. El mecanismo de giro incorpora un motor cuya batería de alimentación se comparte con el sistema de propulsión, siendo necesario revisar de forma semanal también las pautas de mantenimiento de las baterías (ver apartado *1.9.11. Mantenimiento de las baterías*).

1.9.9. MANTENIMIENTO DEL REPOSAPIÉS

El reposapiés apenas implica mantenimiento, salvo mantenerlo libre de partículas de polvo y otros residuos. Para regular la altura del reposapiés y obtener así un adecuado control postural del usuario solo se requiere una llave allen del número 5 y una llave

fija del 10 para la extracción del tornillo M6, se introduce y desliza el tubo hasta hacer coincidir ambos agujeros y se fija mediante una tuerca autofrenada.

1.9.10. MANTENIMIENTO DE LAS CARCASAS

Las carcasas de la silla de ruedas AMELIA protegen los elementos interiores y sus conexiones de partículas de polvo y proyecciones derivadas de la conducción, revisando diariamente que no presenten grietas, rozaduras o desgaste, así como síntomas de abrasión provocados por el sol. Además, se limpiarán semanalmente con un trapo humedecido.

1.9.11. MANTENIMIENTO DE LAS BATERÍAS

La silla de transferencia AMELIA incluye dos tipos de baterías, en primer lugar, dos baterías de gel alimentan los motores de propulsión, la elevación del asiento y el giro del subensamblaje superior, las cuales se ubican en el interior de una caja de polietileno de alta densidad (HDPE) y su correspondiente tapa para evitar la posible intrusión de polvo y otras partículas. Por otro lado, la batería de plomo sellado trabaja de forma directa con el mecanismo de grúa incorporado a través de su actuador.

Generalmente, las baterías no requieren un mantenimiento íntegro, a excepción de la acción de carga diaria necesaria, la cual se realiza a través de la toma de carga ubicada en la parte delantera del mando para la recarga de las baterías de gel, lo cual implica que se debe asegurar que el joystick está apagado antes de proceder con la carga. Asimismo, la batería del sistema de grúa incorpora un módulo controlador que conecta el mando de la grúa y el cable de los actuadores lineales, además de conectar el cable de carga.

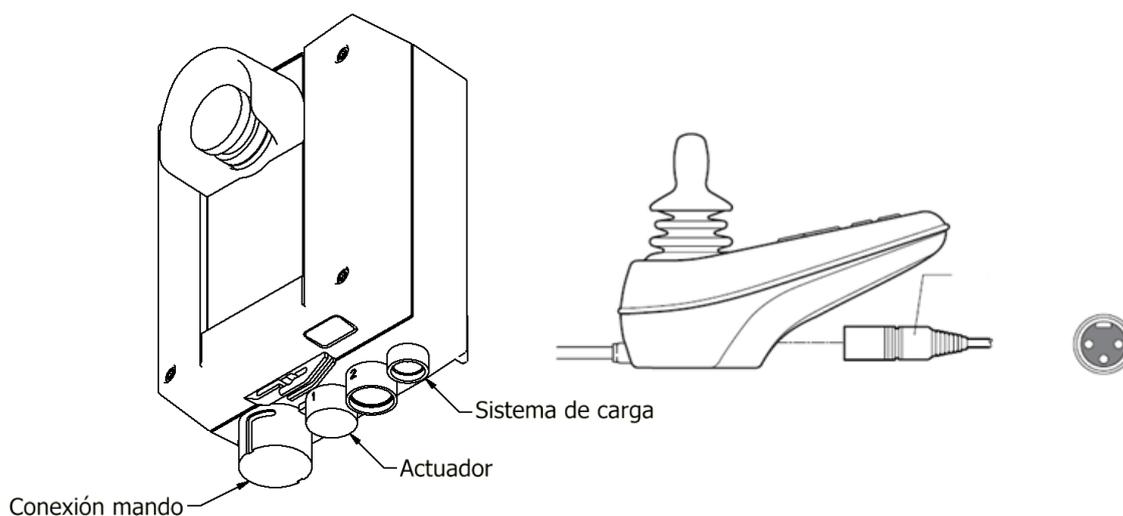


Imagen 23. Sistemas de carga, a) módulo de control del sistema de grúa; b) enchufe cargador joystick universal de 3 Polos

1.9.12. MANTENIMIENTO DE LOS MANDOS DE CONTROL

La limpieza del mando de control es relevante para la comodidad del usuario, tarea para la cual se hace uso de un paño humedecido con desinfectante diluido, asegurando de forma previa que la unidad de mando permanece apagada para realizar la tarea de forma adecuada y segura.

1.9.13. MANTENIMIENTO DE ALUMBRADO Y CONEXIONES ELÉCTRICAS

Es esencial para el usuario, especialmente si se va a hacer uso de la silla en espacios exteriores con escasa visibilidad, que el sistema de alumbrado, tanto las luces de posición como los intermitente, así como sus conexiones eléctricas, no presenten desperfectos. Las tareas de reparación y sustitución requeridas en situación de avería serán realizadas por un técnico autorizado por Rois Medical S.L. y siempre mediante repuestos acreditados.

Se procederá de igual modo con las conexiones eléctricas, pues será el cuidador o el usuario quien realice la inspección de las conexiones de las baterías, columnas, motores y actuadores, el cableado de impulsión y los enchufes del joystick, de la caja de control y de las luces e indicadores, siendo el técnico quien realice las reparaciones.

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2.1. FUERZAS INTERNAS EN LOS APOYOS

Para la determinación de las reacciones sufridas por las ruedas de la silla de traslado es necesario conocer cómo se distribuyen las cargas, para lo cual se precisa la masa tanto de la silla y los tres subconjuntos de los que se compone, obtenida de pesar el conjunto y subconjuntos en vacío con un valor de 315 ± 5 kg, como la masa máxima del ocupante para el cual está desarrollado el producto.

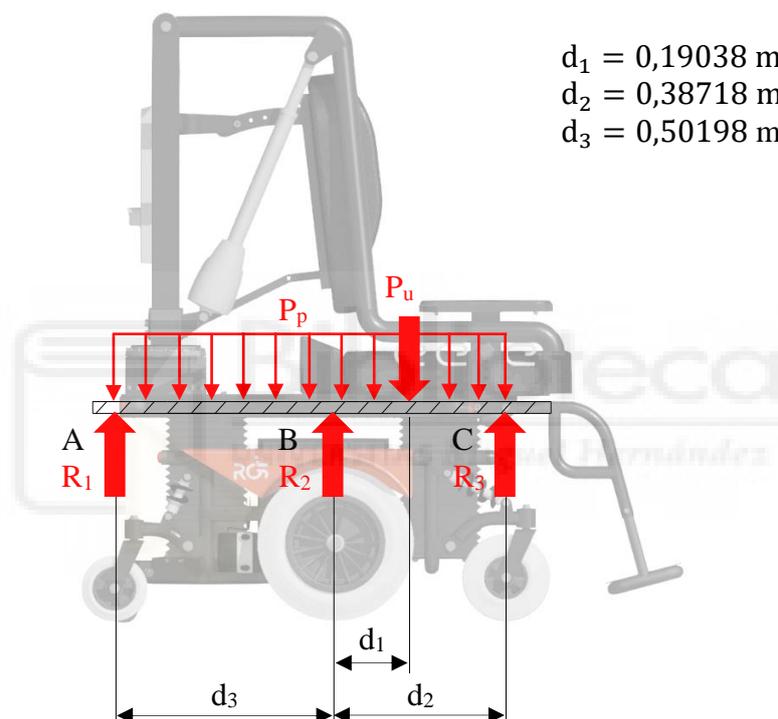


Imagen 24. Reacciones en los apoyos marcha adelante. Fuente: elaboración propia

Se simplifica el sistema mediante la representación del conjunto como una estructura con tres apoyos, referidos a las ruedas, aplicando el peso propio del conjunto como una carga distribuida de 2.878,84 N/m, obtenida de la división del peso total de la silla (P_p) entre la distancia de la rueda delantera a la trasera (d₂ + d₃), y la masa del ocupante (P_u) como una carga puntual aplicada en su centro de gravedad de 1.962 N.

La simplificación del planteamiento implica una viga estáticamente indeterminada, tal que, cuando está en equilibrio, las ecuaciones de la estática son insuficientes para la determinación de las reacciones, usando las ecuaciones de Navier – Bresse, introducidas en mecánica para que sea posible la compatibilidad cinemática, permitiendo relacionar los ángulo de flexión y los desplazamientos de los puntos cualesquiera de la viga:

$$\vartheta_B = \vartheta_A + \frac{1}{E \cdot I_z} \int_{x_A}^{x_B} M dx$$

$$y_B = y_A + \vartheta_A \cdot (x_B - x_A) + \frac{1}{E \cdot I_z} \int_{x_A}^{x_B} M(x_B - x) dx$$

En primer lugar, se realiza el cálculo del momento flector, tomando como referencia el punto A, y el sumatorio de fuerzas en el eje vertical, con el fin de obtener dos de las tres expresiones necesarias para plantear el sistema de ecuaciones.

$$\Sigma M_A = 0: R_2 \cdot d_3 + R_3 \cdot (d_2 + d_3) = P_u \cdot (d_1 + d_3) + P_p \cdot \frac{(d_2 + d_3)^2}{2}$$

$$\Sigma F_y = 0: R_1 + R_2 + R_3 = P_u + P_p \cdot (d_2 + d_3)$$

Para la obtención de la tercera ecuación, se fraccionará la estructura hiperestática en tramos, determinando la expresión del momento flector en cada uno de ellos para hacer uso de las expresiones de desplazamiento y giro de Navier – Bresse, para lo cual ha de tenerse en consideración que el desplazamiento es nulo en los apoyos.

- **TRAMO 1: $0 \leq x \leq d_3$**

$$M = R_1 \cdot x - P_p \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$\vartheta_A = \frac{-1}{E \cdot I_z \cdot d_3} \int_0^{d_3} M \cdot (d_3 - x) dx$$

$$\vartheta_B = \vartheta_A + \frac{1}{E \cdot I_z} \int_0^{d_3} M dx$$

- **TRAMO 2: $d_3 \leq x \leq d_2$**

$$M = R_1 \cdot x + R_2(x - d_3) - P_p \cdot \frac{x^2}{2} - P_u \cdot (x - d_1 - d_2)$$

$$\vartheta_B = \frac{-1}{E \cdot I_z \cdot d_2} \int_{d_3}^{d_2+d_3} M \cdot (d_2 + d_3 - x) dx$$

Se procede igualando ambas expresiones de rotación (ϑ_B) obtenidas para el punto B, determinando así la tercera expresión necesaria para la determinación de las reacciones en cada apoyo mediante la resolución del sistema de ecuaciones. Además, se considera que, al ser la silla de transferencia simétrica en el plano sagital, las cargas obtenidas en

cada apoyo se reparten equitativamente a ambos lados de dicho plano, siendo, por tanto, la mitad del valor de la reacción obtenida para cada apoyo la que recaiga en cada rueda.

$$R_1 = 246,58 \text{ N} = 25,14 \text{ kg}$$

$$R_{\text{delantera}} = 12,56 \text{ kg}$$

$$R_2 = 3.353,92 \text{ N} = 1.676,96 \text{ kg}$$

$$R_{\text{motriz}} = 170,94 \text{ kg}$$

$$R_3 = 907,05 \text{ N} = 453,52 \text{ kg}$$

$$R_{\text{trasera}} = 46,23 \text{ kg}$$

Se repite el procedimiento planteado para determinar las reacciones correspondientes a cada apoyo cuando la orientación de las ruedas delantera y trasera se corresponde con un sentido de marcha atrás, siendo el sistema de ecuaciones a resolver el mismo.

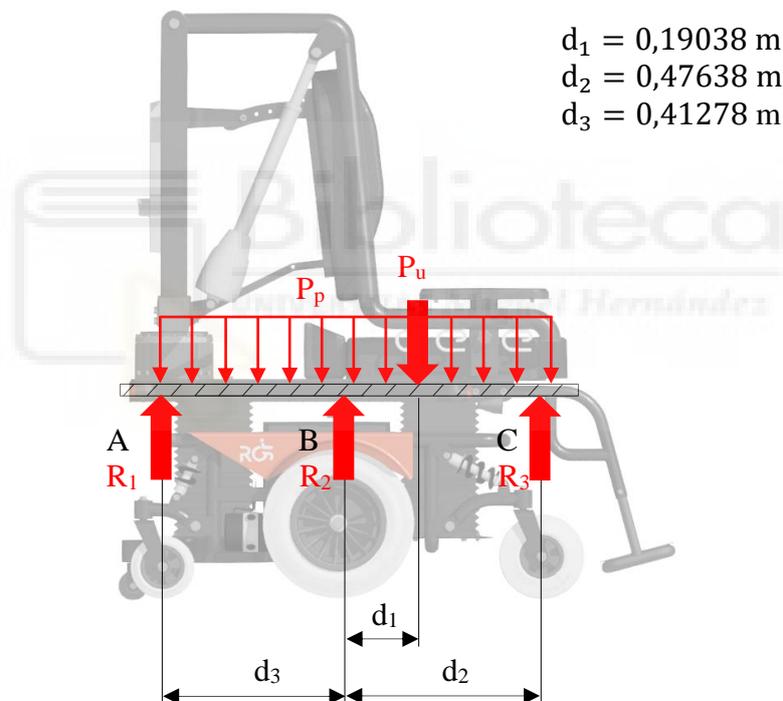


Imagen 25. Reacciones en los apoyos marcha atrás. Fuente: elaboración propia

$$R_1 = -67,93 \text{ N} = -6,92 \text{ kg}$$

$$R_{\text{delantera}} = -3,46 \text{ kg}$$

$$R_2 = 3.680,32 \text{ N} = 375,16 \text{ kg}$$

$$R_{\text{motriz}} = 187,58 \text{ kg}$$

$$R_3 = 895,15 \text{ N} = 91,25 \text{ kg}$$

$$R_{\text{trasera}} = 45,62 \text{ kg}$$

Asimismo, se realiza nuevamente el planteamiento desarrollado para el mecanismo en modo grúa, teniendo en consideración que la carga distribuida entre el apoyo A y C es el sumatorio de la masa del subconjunto inferior e intermedio dividido por la distancia

entre ambos apoyos, así como que la carga puntual aplicada se refiere a la suma tanto de la masa del ocupante como del subconjunto superior.

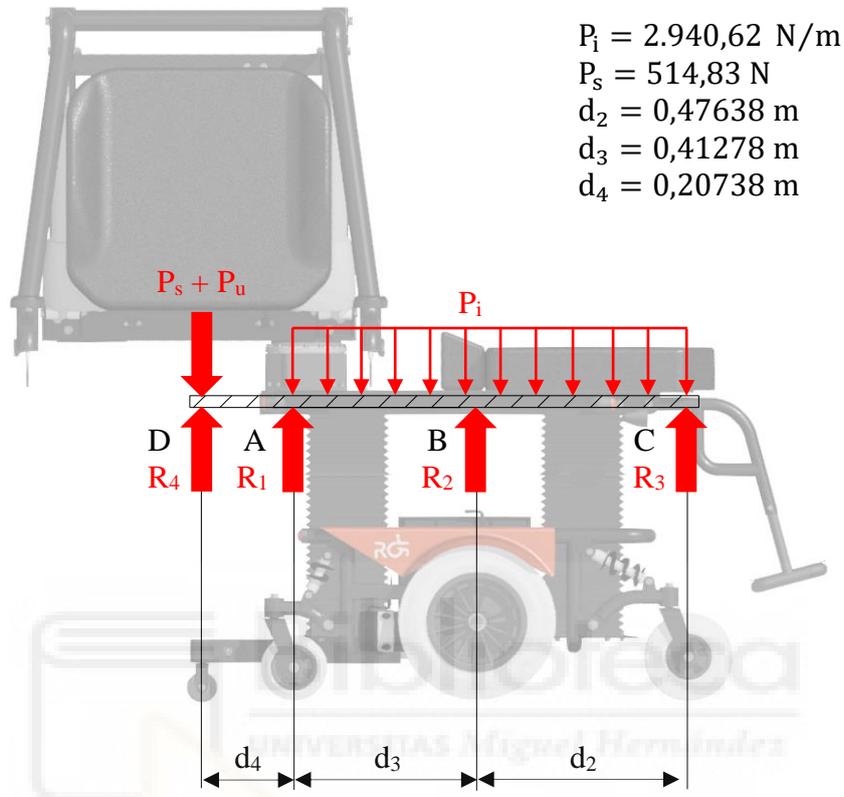


Imagen 26. Reacciones en los apoyos modo grúa. Fuente: elaboración propia

Se procede realizando el sumatorio tanto de fuerzas verticales como de momentos flectores respecto del punto C para la obtención de dos de las tres expresiones necesarias para plantear y resolver el sistema de ecuaciones.

$$\Sigma F_y = 0: R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = P_i \cdot (d_2 + d_3) + P_u + P_s$$

$$\Sigma M_C = 0: R_2 d_2 + R_1 (d_2 + d_3) + R_4 (d_2 + d_3 + d_4) = (P_u + P_s)(d_2 + d_3 + d_4) + P_i \frac{(d_2 + d_3)^2}{2}$$

Para la obtención de la tercera ecuación restante se fracciona la estructura en tramos, obteniendo la expresión referida al momento flector para cada uno de ellos y realizando el desarrollo del análisis de los mismos de derecha a izquierda, haciendo uso, por tanto, de las expresiones de desplazamiento y giro de Navier – Bresse, para lo cual se tendrá en consideración que el desplazamiento es nulo en los apoyos.

- **TRAMO 1: $d_2 \leq x \leq 0$**

$$M = R_3 \cdot x - P_i \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$\vartheta_C = \frac{-1}{E \cdot I_z \cdot d_2} \int_0^{d_2} M \cdot (d_2 - x) dx$$

$$\vartheta_B = \vartheta_C + \frac{1}{E \cdot I_z} \int_0^{d_2} M dx$$

- **TRAMO 2: $d_2 \leq x \leq d_2 + d_3$**

$$M = R_3 \cdot x + R_2 \cdot (x - d_2) - P_1 \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$\vartheta_B = \frac{-1}{E \cdot I_z \cdot d_3} \int_{d_2}^{d_2+d_3} M \cdot (d_2 + d_3 - x) dx$$

$$\vartheta_A = \vartheta_B + \frac{1}{E \cdot I_z} \int_{d_2}^{d_2+d_3} M dx$$

- **TRAMO 3: $d_2 + d_3 \leq x \leq d_2 + d_3 + d_4$**

$$M = R_3 x + R_2 (x - d_2) + R_1 (x - d_2 - d_3) - P_1 (d_2 + d_3) \left(x - \frac{d_2 + d_3}{2} \right)$$

$$\vartheta_A = \frac{-1}{E \cdot I_z \cdot d_4} \int_{d_2+d_3}^{d_2+d_3+d_4} M \cdot (d_2 + d_3 + d_4 - x) dx$$

Igualando ambas expresiones referidas al ángulo de flexión para el punto B (ϑ_B) se obtiene la tercera expresión que permite la resolución del sistema de ecuaciones. En este caso, las reacciones no se reparten equitativamente en las ruedas paralelas porque no hay simetría sagital, sino que, aproximadamente el 70% recae sobre las ruedas derechas y el 30% restante sobre las situadas a la izquierda.

$$R_1 = 564,66 \text{ N} = 57,56 \text{ kg}$$

$$R_{\text{delantera}_{\text{dcha}}} = 40,29 \text{ kg}$$

$$R_2 = 1.552,94 \text{ N} = 158,30 \text{ kg}$$

$$R_{\text{motriz}_{\text{dcha}}} = 110,81 \text{ kg}$$

$$R_3 = 546,37 \text{ N} = 55,70 \text{ kg}$$

$$R_{\text{trasera}_{\text{dcha}}} = 38,99 \text{ kg}$$

$$R_4 = 2.388,61 \text{ N} = 243,49 \text{ kg}$$

$$R_{\text{apoyo}} = 243,49 \text{ kg}$$

Una vez determinada la carga soportada por cada rueda individualmente tanto para el modo grúa como conducción, puede determinarse el valor más desfavorable de carga para cada rueda y, considerando los datos técnicos de capacidad de carga máxima facilitada por el fabricante para cada una de las ruedas, puede realizarse la comprobación de que el valor de las reacciones o fuerzas internas es inferior a dicho valor límite.

	Capacidad de carga	R _{máx}	Modo R _{máx}
Rueda delantera	205 kg	46,23 kg	Modo silla sentido marcha adelante
Rueda motriz	300 kg	187,58 kg	Modo silla sentido marcha atrás
Rueda trasera	300 kg	28,78 kg	Modo grúa sentido marcha atrás
Apoyo antivuelco	400 kg	243,49 kg	Modo grúa sentido marcha atrás

Tabla 6. Comprobación de la capacidad de carga de cada rueda individualmente

2.2. DIAGRAMA DE SÓLIDO LIBRE EN LAS RUEDAS

Una vez conocidas las reacciones que actúan en cada una de las ruedas, mediante el método del diagrama de sólido libre, puede determinarse la forma en que tales esfuerzos se transmiten al resto de componentes unidos a las mismas.

2.2.1. RUEDA DELANTERA

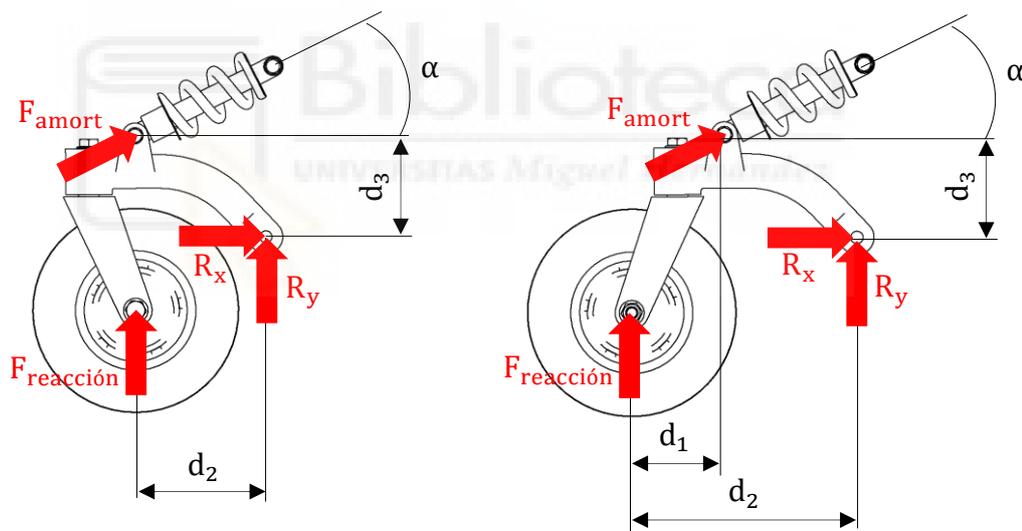


Imagen 27. Diagrama de sólido libre para la rueda delantera sentido de marcha adelante y marcha atrás respectivamente. Fuente: elaboración propia

$$\begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \\ \Sigma M_0 = 0 \end{cases} \begin{cases} R_x + F_{\text{amort}} \cdot \cos(\alpha) = 0 \\ F_{\text{reacción}} + R_y + F_{\text{amort}} \cdot \sin(\alpha) = 0 \\ F_{\text{amort}} \cdot \sin(\alpha) \cdot (d_2 - d_1) + F_{\text{amort}} \cdot \cos(\alpha) \cdot d_3 + F_{\text{reacción}} \cdot d_2 = 0 \end{cases}$$

	d ₁ (m)	d ₂ (m)	d ₃ (m)	α (°)	R _x (N)	R _y (N)	F _{amort} (N)
Marcha adelante modo silla	0	0,01263	0,0989	26,91	351,35	-275,20	-394,02
Marcha atrás modo silla	0,0885	0,2155	0,0989	26,91	590,43	-147,91	-662,12
Marcha atrás modo grúa	0,0885	0,2155	0,0989	26,91	282,64	-129,73	-316,96

Tabla 7. Reacciones obtenidas para la rueda delantera en cada uno de sus modos

2.2.2. RUEDA MOTRIZ

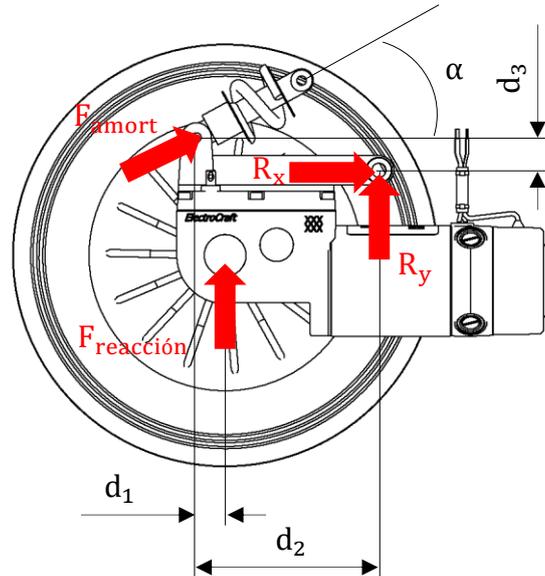


Imagen 28. Diagrama de sólido libre para rueda motriz. Fuente: elaboración propia

$$\begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \\ \Sigma M_0 = 0 \end{cases} \begin{cases} R_x + F_{amort} \cdot \cos(\alpha) = 0 \\ F_{reacción} + R_y + F_{amort} \cdot \sin(\alpha) = 0 \\ F_{amort} \cdot \sin(\alpha) \cdot d_2 + F_{amort} \cdot \cos(\alpha) \cdot d_3 + F_{reacción} \cdot (d_2 - d_1) = 0 \end{cases}$$

	d_1 (m)	d_2 (m)	d_3 (m)	α (°)	R_x (N)	R_y (N)	F_{amort} (N)
Marcha adelante modo silla	0,0240	0,1525	0,0275	28,57	1.949,38	-615,44	-2.219,66
Marcha atrás modo silla	0,0240	0,1525	0,0275	28,57	2.129,10	-675,34	-2.435,69
Marcha atrás modo grúa	0,0240	0,1525	0,0275	28,57	902,61	-284,96	-1.027,76

Tabla 8. Reacciones obtenidas para la rueda motriz en cada uno de sus modos

2.2.3. RUEDA TRASERA

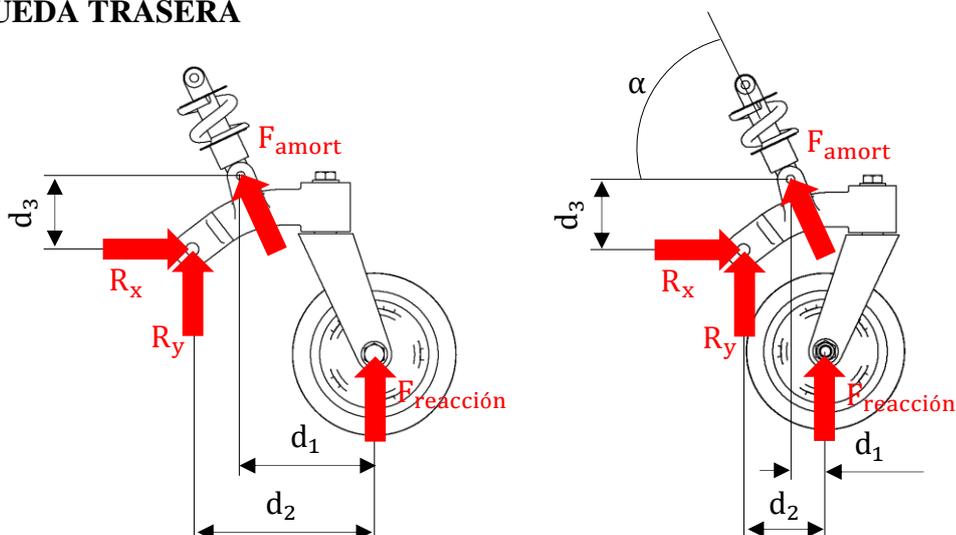


Imagen 29. Diagrama de sólido libre para rueda trasera sentido de marcha adelante y marcha atrás respectivamente. Fuente: elaboración propia

$$\begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \\ \Sigma M_0 = 0 \end{cases} \begin{cases} R_x - F_{\text{amort}} \cdot \cos(\alpha) = 0 \\ F_{\text{reacción}} + R_y + F_{\text{amort}} \cdot \text{sen}(\alpha) = 0 \\ F_{\text{amort}} \cdot \text{sen}(\alpha) \cdot (d_2 - d_1) + F_{\text{amort}} \cdot \cos(\alpha) \cdot d_3 + F_{\text{reacción}} \cdot d_2 = 0 \end{cases}$$

	d_1 (m)	d_2 (m)	d_3 (m)	α (°)	R_x (N)	R_y (N)	F_{amort} (N)
Marcha adelante modo silla	0,1223	0,1668	0,0678	64,71	-126,95	145,40	-297,17
Marcha atrás modo silla	0,0331	0,0776	0,0678	64,71	16,27	-0,46	38,07
Marcha atrás modo grúa	0,0331	0,0776	0,0678	64,71	-189,30	5,38	-443,11

Tabla 9. Reacciones obtenidas para la rueda trasera en cada uno de sus modos

Mediante la resolución de los tres sistemas de ecuaciones planteados para cada una de las ruedas, se determinan las reacciones o fuerzas internas que se aplican tanto en el amortiguador como en el punto de unión de las mismas con el bastidor.

2.3. SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN INDEPENDIENTE

El sistema de suspensión implementado en la silla de transferencia AMELIA, el cual conecta las ruedas tanto con el bastidor como con el chasis permitiendo el movimiento relativo entre ambos elementos, dispone de una amortiguación mecánica independiente mediante resortes adaptados a las exigencias y requisitos funcionales de cada una de las ruedas para garantizar el máximo confort del usuario durante la conducción por terrenos ásperos repletos de irregularidades.

Los componentes del amortiguador son los encargados de devolver el resorte a su posición de equilibrio en el mínimo tiempo posible, absorbiendo la energía cinética que es transmitida a la masa suspendida de la silla de transferencia y reduciendo el tiempo en el que varía la carga sobre las ruedas, limitando las oscilaciones que se producen en el movimiento de los elementos elásticos de la suspensión independiente, por lo que, sin este amortiguamiento, una vibración persistiría indefinidamente en el tiempo.

Los resortes de compresión que conforman el amortiguador son resortes helicoidales de espiral abierta contruidos para oponerse a la compresión a lo largo del eje de torsión. Cuando una fuerza actúa comprimiéndolo o acortándolo, el resorte empuja en contra de la carga e intenta regresar a su longitud original. Ofreciendo, los resortes de compresión, resistencia a fuerzas lineales de compresión (empuje) y, de hecho, son una de las formas más eficientes conocidas para almacenar energía.

El funcionamiento del amortiguador es sencillo, un pistón unido a la carrocería de la silla de ruedas mediante tornillería desliza en el interior de un cilindro repleto de fluido unido a la rueda. Diversos orificios calibrados en el pistón permiten el paso del fluido entre las dos cámaras en que queda dividido el cilindro, frenándose así la oscilación de la carrocería.

Considerando el caso más desfavorable en el que no existe amortiguador como tal, sino que el sistema de suspensión está conformado únicamente por resortes, el fabricante MVAWE proporciona la capacidad de carga de cada uno de los amortiguadores de los que se compone el sistema de suspensión, por lo que, utilizando la ley de Hooke, según la cual el alargamiento unitario experimentado por el resorte es proporcional a la fuerza aplicada sobre el mismo, puede determinarse la longitud de compresión originada en el muelle de la suspensión como consecuencia de la reacción estática máxima sufrida.

$$F_{\text{amort}} = -k \cdot x$$

donde:

- F_{amort} : fuerza máxima aplicada sobre el resorte, en N;
- k : constante elástica del resorte, en N/m ;
- x : longitud de compresión, en m.

Ubicación amortiguador	Capacidad (k)		Longitud (mm)	F_{amort} (N)	Longitud de compresión (mm)
	lb/in	kN/m			
Delantero	1.500	262,78	150	662,12	2,52
Motriz	750	131,39	100	2.435,69	18,54
Trasero	750	131,39	100	443,11	2,41

Tabla 10. Longitud de compresión del resorte según la ley de Hooke

2.4. VIBRACIONES DEL SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN

El sistema de suspensión, encargado del aislamiento las perturbaciones debidas a las diferentes condiciones del terreno y la carrocería, surge del compromiso de tres criterios clave: las características del terreno, la carga de la silla y el confort del usuario. Es por ello que, al diseñar el sistema de suspensión, se consideran ciertos requisitos tales como el confort, la seguridad, la maniobrabilidad y la altura de la carrocería.

Para el sistema de estudio referido a la amortiguación mecánica independiente de la silla de transferencia AMELIA se presentan dos grados de libertad, pudiendo el conjunto

tanto fluctuar verticalmente como cabecear respecto al centro de gravedad. De modo que el vector de variables referido a las coordenadas generalizadas queda:

$$q = \begin{Bmatrix} x \\ \theta \end{Bmatrix}$$

donde:

- q : vector de variables;
- x : coordenada generalizada de posición, referida a una distancia;
- θ : coordenada generalizada de posición, referida a un ángulo.

Los fundamentos teóricos de los métodos dinámicos actualmente empleados en la simulación de sistemas multicuerpo se apoyan en la mecánica clásica, concretamente en el desarrollo de ecuaciones diferenciales del movimiento de sistemas para varios sólidos rígidos con restricciones.



Imagen 30. Representación de los grados de libertad del sistema de estudio. Fuente: elaboración propia

La mecánica lagrangiana permite simplificar muchos problemas físicos, consiste en una reformulación de la mecánica clásica donde la trayectoria de un objeto es obtenida encontrando la trayectoria que minimiza la acción, que es la integral del lagrangiano en el tiempo, siendo este la energía cinética del objeto menos su energía potencial.

Las ecuaciones diferenciales del movimiento de Lagrange, obtenidas de aplicar un principio variacional a la suma de las energías cinética y potencial, permiten disponer de

un sistema analítico para la obtención de las ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento físico de las partículas.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = F_j \quad j = 1, 2, \dots, N$$

siendo:

- N: representa los grados de libertad;
- q_j : coordenadas generalizadas de posición, siendo una distancia, ángulo, etc.;
- \dot{q}_j : velocidades generalizadas, son las derivadas temporales de las posiciones;
- $\partial L / \partial q_j$: fuerzas conservativas, por ejemplo, las fuerzas elásticas de los resortes o la fuerza de la gravedad;
- F_j : fuerzas generalizadas no conservativas que actúan sobre la partícula j ;
- la función $L(q_j, \dot{q}_j)$ es llamada lagrangiano y se define $L = E_c - E_p$, donde E_c es la energía cinética total del sistema y E_p es la energía potencial del sistema.

$$E_c = \sum_{i=1}^n E_{c_i} \quad E_p = \sum_{i=1}^n E_{p_i}$$

Siendo las energías tanto cinemática como potencial del sistema de estudio tal que:

$$E_c = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} I \dot{\theta}^2$$

donde:

- m : masa propia de la silla y del usuario dividida entre dos, ya que, debido a la simetría de la silla, la carga se reparte de manera equitativa a ambos lados del plano sagital;
- I : inercia del conjunto de la silla y el usuario, en $\text{kg} \cdot \text{m}^2$.

$$E_p = \frac{1}{2} K_1 \left(\frac{x}{\text{sen} \alpha_1} + \theta \cdot R_1 \right)^2 + \frac{1}{2} K_2 \left(\frac{x}{\text{sen} \alpha_2} + \theta \cdot R_2 \right)^2 + \frac{1}{2} K_3 \left(\frac{x}{\text{sen} \alpha_3} + \theta \cdot R_3 \right)^2$$

siendo:

- $K_{1,2,3}$: constante elástica del resorte delantero, motriz y trasero respectivamente, teniendo en consideración que, debido a la simetría del conjunto respecto al plano sagital, hace referencia a la asociación en paralelo de los resortes, por lo que, por ejemplo, K_1 será la suma de dos veces la constante elástica del resorte delantero, en N/m ;

- $R_{1,2,3}$: distancia horizontal desde el centro de gravedad del conjunto y el usuario al punto de unión del amortiguador delantero, motriz y trasero respectivamente al bastidor, en m;
- $\alpha_{1,2,3}$: ángulo referido a la inclinación de la suspensión respecto a la horizontal, su valor se supone constante, en grados.

No obstante, el sistema de suspensión independiente no está compuesto únicamente por resortes, sino que, además, integra amortiguación mediante pistones, por lo que, en la ecuación diferencial del movimiento, se tendrá en consideración la energía disipada por los mismos, quedando las ecuaciones de Lagrange definidas, respecto a cada una de las variables de las coordenadas generalizadas como:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_c}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial E_c}{\partial x} + \frac{\partial E_p}{\partial x} + \frac{\partial E_d}{\partial \dot{x}} = 0$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_c}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial E_c}{\partial \theta} + \frac{\partial E_p}{\partial \theta} + \frac{\partial E_d}{\partial \dot{\theta}} = 0$$

donde E_d es la energía disipada por los amortiguadores, obtenida de la expresión:

$$E_d = \frac{1}{2} C_1 \dot{x} + \frac{1}{2} C_2 \dot{x} + \frac{1}{2} C_3 \dot{x}$$

siendo C la constante de amortiguamiento. Se supone que el amortiguamiento en la suspensión es viscoso, es decir, la fuerza resistente es proporcional a la velocidad, por lo que las unidades de la constante son fuerza por unidad de velocidad, $N \cdot m/s$ en el SI.

Obteniéndose, por tanto, las ecuaciones de Lagrange como:

$$m\ddot{x} + (C_1 + C_2 + C_3)\dot{x} + \left(\frac{K_1}{\sin^2 \alpha_1} + \frac{K_2}{\sin^2 \alpha_2} + \frac{K_3}{\sin^2 \alpha_3} \right) x + \left(\frac{K_1 R_1}{\sin \alpha_1} + \frac{K_2 R_2}{\sin \alpha_2} + \frac{K_3 R_3}{\sin \alpha_3} \right) \theta = 0$$

$$I\ddot{\theta} + \left(\frac{K_1 R_1}{\sin \alpha_1} + \frac{K_2 R_2}{\sin \alpha_2} + \frac{K_3 R_3}{\sin \alpha_3} \right) x + (K_1 R_1^2 + K_2 R_2^2 + K_3 R_3^2) \theta = 0$$

recogidas en un sistema matricial tal que:

$$\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_1 + C_2 + C_3 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} + [K] \begin{bmatrix} x \\ \theta \end{bmatrix} = 0$$

donde la matriz K , referida a la constante de cada uno de los resortes, queda:

$$\begin{bmatrix} \frac{K_1}{\sin^2 \alpha_1} + \frac{K_2}{\sin^2 \alpha_2} + \frac{K_3}{\sin^2 \alpha_3} & \frac{K_1 R_1}{\sin \alpha_1} + \frac{K_2 R_2}{\sin \alpha_2} + \frac{K_3 R_3}{\sin \alpha_3} \\ \frac{K_1 R_1}{\sin \alpha_1} + \frac{K_2 R_2}{\sin \alpha_2} + \frac{K_3 R_3}{\sin \alpha_3} & K_1 R_1^2 + K_2 R_2^2 + K_3 R_3^2 \end{bmatrix}$$

Para la resolución del sistema matricial se considera el contexto más desfavorable en el que la constante de amortiguamiento es nula, comprobando que, si los requisitos de servicio previstos para la suspensión en la situación más desfavorable se confirman, las prestaciones de confort previstas para situaciones reales no se verán afectadas.

$$C_{1,2,3} = 0$$

Un sólido alterado de su posición de descanso tiende a vibrar a ciertas frecuencias denominadas naturales o resonantes cuando es excitado, por lo que, conociendo que, para la segunda derivada de las coordenadas generalizadas se cumple:

$$\ddot{x} = -w_n^2 x \quad \ddot{\theta} = -w_n^2 \theta$$

puede replantearse el sistema matricial para la obtención de la frecuencia natural que determinará el confort de la silla de ruedas eléctrica de transferencia tal que:

$$\begin{bmatrix} \frac{K_1}{\sin^2 \alpha_1} + \frac{K_2}{\sin^2 \alpha_2} + \frac{K_3}{\sin^2 \alpha_3} - mw_n^2 & \frac{K_1 R_1}{\sin \alpha_1} + \frac{K_2 R_2}{\sin \alpha_2} + \frac{K_3 R_3}{\sin \alpha_3} \\ \frac{K_1 R_1}{\sin \alpha_1} + \frac{K_2 R_2}{\sin \alpha_2} + \frac{K_3 R_3}{\sin \alpha_3} & K_1 R_1^2 + K_2 R_2^2 + K_3 R_3^2 - Iw_n^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Mediante la resolución del determinante de la matriz de inercia se determinan ambos valores de la frecuencia natural, pues se obtiene una ecuación de segundo grado, que por medio de la expresión $f = w_n/2\pi$ permite calcular la frecuencia en Hz.

Inercia (I)	68,203 kg·m ²	Constante elástica K₁	525559,978 s.u.
Masa (M)	515,044 kg	Constante elástica K₂	262779,989 s.u.
Ángulo α₁	26,910 °	Constante elástica K₃	262779,989 s.u.
Ángulo α₂	28,570 °	Frecuencia natural w_{n1}	42,00436209 rad/seg
Ángulo α₃	64,710 °	Frecuencia natural w_{n2}	84,29740436 rad/seg
Distancia R₁	0,150 m	Frecuencia natural f₁	6,685201858 Hz
Distancia R₂	0,169 m	Frecuencia natural f₂	13,41634859 Hz
Distancia R₃	0,442 m		

Tabla 11. Parámetros para el cálculo de la frecuencia natural

De acuerdo con la segunda edición de la norma europea ISO 2631 – 1 del año 1997, que anula y sustituye a la primera edición de la norma del año 1985, en referencia a la *Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero*, es considerado como aceptable un rango de frecuencia de 0,5Hz a 80Hz para la percepción, la salud y el confort del usuario. Debido a que ambas frecuencias naturales obtenidas se ubican en el intervalo definido, se garantizan las prestaciones de confort de la silla de transferencia.

2.5. FUERZAS INTERNAS EN LAS COLUMNAS DE ELEVACIÓN

De todas las opciones planteadas (tijera de elevación con accionamiento neumático horizontal, tijera elevadora con accionamiento neumático paralelo al bastidor, columna de elevación trasera, etc.) se opta por un sistema de elevación de asiento mediante dos columnas sincronizadas que garanticen el confort y la seguridad requerida por el usuario tanto para la conducción como para la transferencia.

A menudo, solo se tiene en consideración la movilidad horizontal, pero la movilidad vertical resulta igual de importante, ya que la elevación de asiento permite el acceso a niveles más altos, siendo esta una de las dificultades más comunes que experimentan los usuarios de sillas de ruedas. La manera más habitual de proporcionar movilidad vertical al ocupante de la silla de ruedas es la función de elevación de asiento, la cual permite que la totalidad del asiento eleve y descienda al usuario mientras se mantiene el mismo ángulo con respecto al suelo, dándole acceso a numerosos niveles verticales. Esta posibilidad no solo proporciona beneficios físicos, psicológicos y funcionales, sino que también mejora la independencia del usuario, ya que le permite participar activamente en otros aspectos de la vida sin necesidad de contar con la ayuda de otra persona y sin riesgo de lesiones.

El hecho de ser independiente ya es de por sí una ventaja, pero, además, la elevación de asiento implica otra ventaja como lo es evitar la necesidad de extender continuamente los brazos para acceder a niveles más altos, disminuyendo el riesgo de sufrir lesiones por esfuerzo repetitivo. Otro beneficio consiste en una mayor integración social debido a que si el usuario está elevado, podrá mantener el contacto visual con otras personas, así como tener mayor visibilidad que puede ser útil al cruzar con la silla de ruedas por una calle concurrida de gente. Además de las ventajas descritas, la elevación de asiento implica una función fundamental en la silla de transferencia AMELIA debido a que facilita el traslado entre superficies del usuario.

Para la determinación de las reacciones internas originadas en el sistema de columnas sincronizadas, es necesario conocer cómo se distribuyen las cargas, razón debida a la cual se simplifica el sistema mediante la representación del conjunto como una estructura con dos apoyos, referidos a cada una de las columnas, sobre la que son aplicadas dos cargas puntuales en sus respectivos centros de gravedad referidas tanto a la masa del conjunto (315 ± 5 kg) como a la del ocupante.

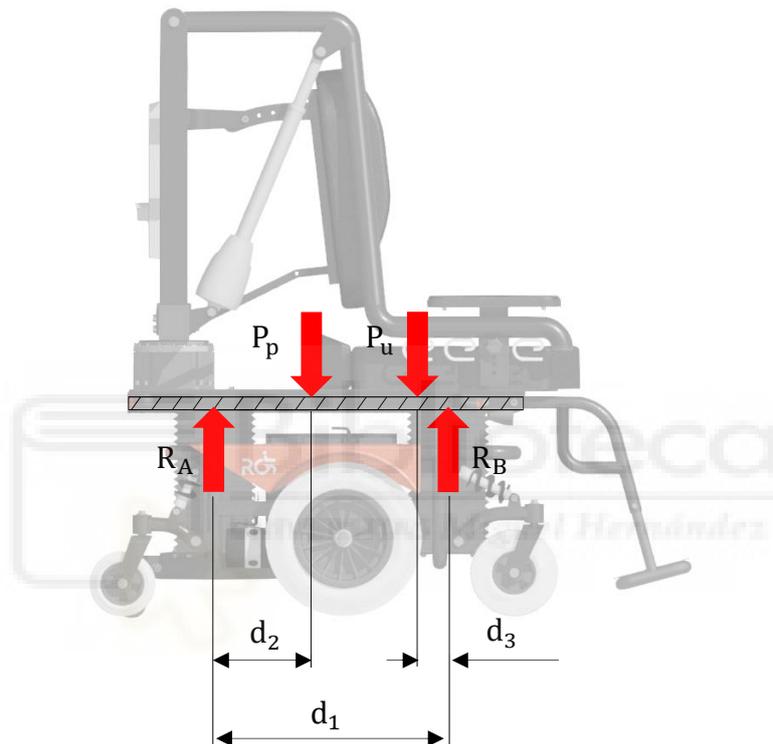


Imagen 31. Reacciones en columnas modo conducción. Fuente: elaboración propia

Se emplean las ecuaciones de la estática para la obtención de ambas fuerzas internas, es decir, se realiza tanto el sumatorio de fuerzas en el eje vertical (ΣF_y) como el cálculo de momentos tomando como referencia el punto B (ΣM_B).

$$\Sigma F_y = 0: R_A + R_B = P_p + P_u$$

$$\Sigma M_B = 0: R_A \cdot d_1 = P_p \cdot (d_1 - d_2) + P_u \cdot d_3$$

Distancia (d_1)	530,00 mm	Reacción en A (R_A)	1.692,14N
Distancia (d_2)	265,00 mm	Reacción en B (R_B)	3.360,44N
Distancia (d_3)	39,67 mm		

Tabla 12. Cálculo de reacciones en las columnas modo conducción

Se rehace nuevamente el procedimiento para la determinación, en modo grúa, tanto de las fuerzas internas soportadas por cada una de las columnas como para la obtención momento flector para garantizar las prestaciones de las columnas escogidas. Para lo cual se tendrá en consideración la aplicación en su centro de gravedad de dos cargas puntuales referidas tanto al sumatorio de la masa del usuario y la masa del subconjunto superior, así como a la suma de la masa de los subconjunto inferior e intermedio (P_i).

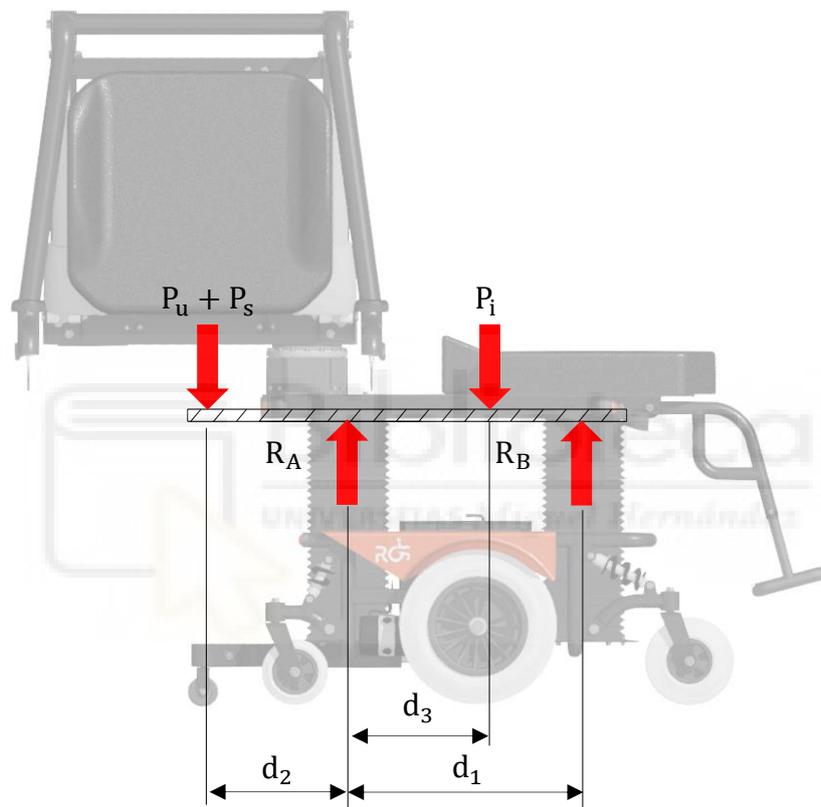


Imagen 32. Reacciones en columnas modo grúa. Fuente: elaboración propia

$$\Sigma F_y = 0: R_A + R_B = P_s + P_u + P_i$$

$$\Sigma M_B = 0: R_A \cdot d_1 = P_i \cdot (d_1 - d_3) + (P_s + P_u) \cdot (d_1 + d_2)$$

Peso inferior (P_{inf})	2.054,45 N	Distancia (d_1)	530,00 mm
Peso intermedio (P_{int})	521,30 N	Distancia (d_2)	334,26 mm
Peso superior (P_s)	514,83 N	Distancia (d_3)	31,00 mm
		Reacción en A (R_A)	5.744,07 N
		Reacción en B (R_B)	-691,49 N

Tabla 13. Cálculo de reacciones en las columnas modo grúa

En el apoyo A, el cual soporta la máxima fuerza interna en modo grúa con un valor de 5.711,07 N, se instala una columna de elevación con una capacidad de carga máxima de hasta 6.000 N. Mientras que, en el apoyo B, que está sometido a una reacción en modo conducción máxima de 3.360,44 N, se dispone una columna de hasta 4.000 N de capacidad de carga, por lo que se confirma que el sistema de columnas sincronizadas instalado es apto. Asimismo, será necesario verificar que el momento originado en las columnas tiene un valor inferior al máximo proporcionado por el fabricante cuando se realiza la acción de transferencia, de modo que se multiplica la distancia desde el centro de gravedad del usuario hasta el centro de las columnas por la masa del usuario (200 kg), con un valor de 1.350,44 Nm, siendo este inferior a 3.000 Nm, momento flector máximo soportado por las columnas de acuerdo a los datos facilitados por el fabricante.

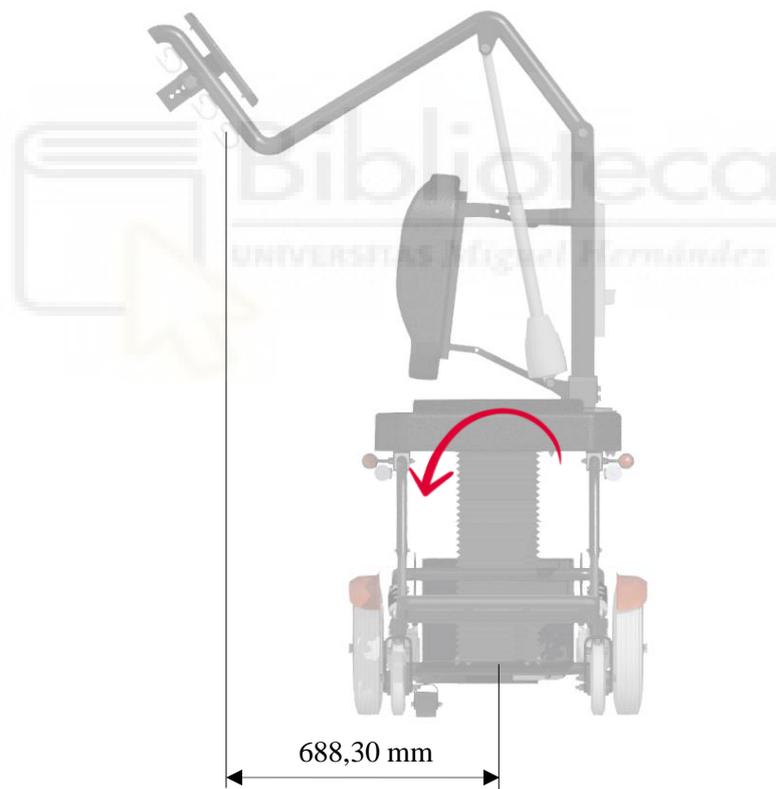


Imagen 33. Momento originado en las columnas. Fuente: elaboración propia

2.6. FUERZAS INTERNAS EN EL REPOSABRAZOS

El reposabrazos es el elemento más innovador de la silla, ya que su diseño no solo facilita el descanso de los brazos del usuario durante la conducción, sino que, además, actúa como grúa permitiendo realizar la transferencia de la persona dependiente desde la propia silla a cualquier otra superficie y viceversa, pues está provisto de unos anclajes

donde se sitúan las eslingas del arnés, actuando como una grúa portátil de transferencia convencional. Debido a las múltiples utilidades que el reposabrazos ofrece, es necesario garantizar su resistencia ante los requisitos impuestos, de modo que se mantengan las prestaciones que oferta el elemento.

Primeramente, mediante las ecuaciones de equilibrio, se determinan las reacciones o fuerzas internas originadas tanto en ambas orejetas de unión del actuador al reposabrazos como en la unión del mismo al perfil de giro como consecuencia del peso del usuario y del propio elemento (P_r) durante la transferencia, siendo este último de 162,26 N.

$$\Sigma F_y = 0: R_A + R_B = P_u + P_r$$

$$\Sigma M_A = 0: R_B \cdot d_1 = (P_u + P_r) \cdot (d_1 + d_2)$$

Se tendrá en consideración que, debido a la simetría del subconjunto superior junto con el ocupante respecto al plano sagital, la suma de ambas masas se repartirá de forma equitativa en ambos extremos del reposabrazos.

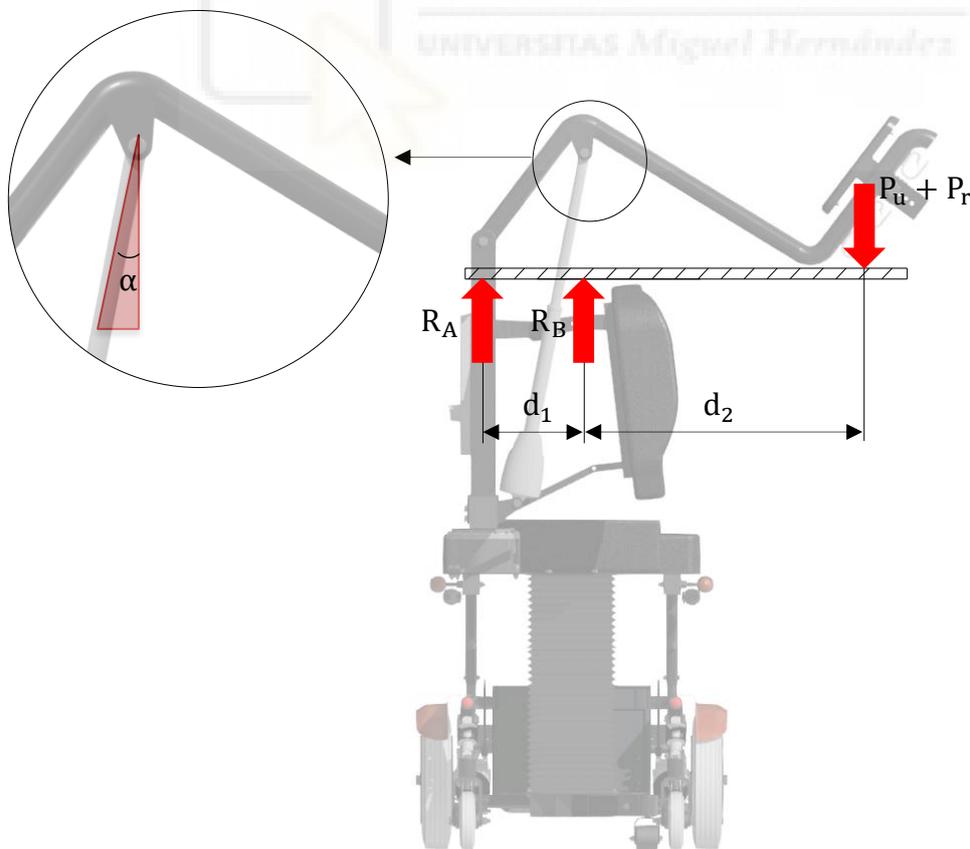


Imagen 34. Reacciones en el reposabrazos. Fuente: elaboración propia

Además, una vez se haya determinado el valor de las reacciones, mediante relaciones trigonométricas, puede determinarse la fuerza realizada por el actuador (F_{act}) como:

$$F_{actuador} = \frac{R_B}{\cos(\alpha)}$$

Carrera	d_1 (m)	d_2 (m)	α (°)	R_A (N)	R_B (N)	F_{act} (N)
0	0,33305	0,30631	22,57	- 976,852251	2038,98095	2208,09615
50	0,33496	0,32662	22,39	- 1035,68329	2097,81199	2268,85525
100	0,3400	0,42534	21,16	- 1328,723	2390,8517	2563,70699
150	0,33671	0,51815	19,43	- 1634,46879	2696,59749	2859,44697
200	0,32356	0,60269	17,2	- 1978,41002	3040,53872	3182,88244
250	0,29799	0,67511	14,39	- 2406,30124	3468,42994	3580,77108
300	0,25535	0,72835	10,82	- 3029,57289	4091,70159	4165,76141

Tabla 14. Fuerzas internas en el reposabrazos

De acuerdo con la ficha técnica facilitada por el fabricante para el actuador, la carga de empuje máxima soportada por el modelo es de 10.000 N, por lo que, siendo la fuerza máxima del actuador obtenida para la carrera del mismo de 4.165,76 N, se confirma que las prestaciones de servicio requeridas para el correcto funcionamiento del sistema de transferencia serán las óptimas.

2.7. ESTABILIDAD ESTÁTICA

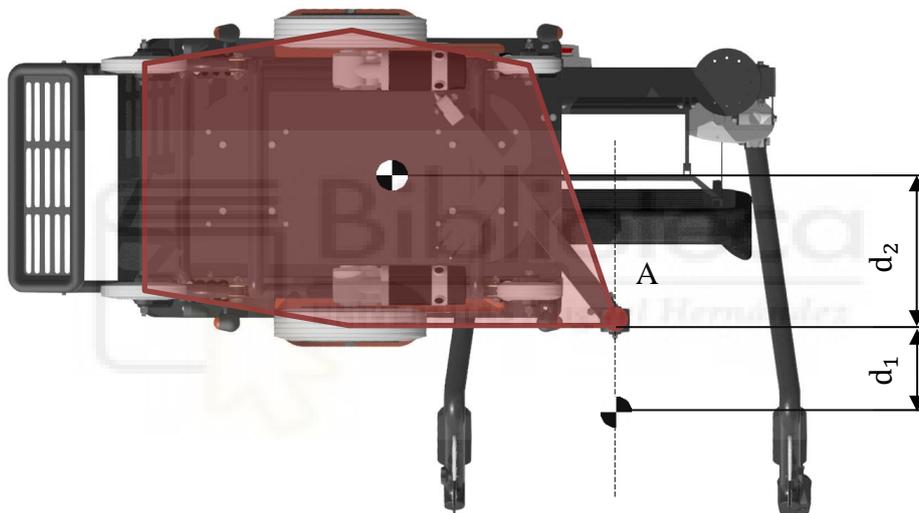
Cuando se realiza la acción de transferencia del ocupante entre superficies, el centro de gravedad (CDG) del mismo varía drásticamente de una posición adelantada en modo conducción a estar totalmente en la parte trasera de la silla en modo grúa, por lo que el punto de aplicación de la carga referida al sumatorio de la masa del subconjunto superior (P_s) y la masa del usuario (P_u) se altera, siendo necesario la realización de un estudio de estabilidad para garantizar la seguridad estática durante la realización del traslado.

Se divide el peso del conjunto en el subconjunto superior (P_s), referido a la masa de vuelco, y el sumatorio de la masa del subconjunto intermedio e inferior (P_i), respectivo a la masa estabilizadora.

Para el estudio de la estabilidad estática de la silla se tendrá en consideración que el eje de vuelco varía según la posición del usuario en cada instante durante el traslado, de modo que, cuando la silla está próxima a volcar lateralmente, todo el peso del conjunto

se transfiere tanto a la rueda motriz como a la trasera, o bien a la motriz y la delantera, perdiendo el resto de los apoyos el contacto directo con el suelo. Mientras que, si el eje de vuelco es perpendicular al sentido de avance, el peso recae sobre las ruedas delanteras o traseras y el apoyo antivuelco según la posición del usuario en ese instante.

Según los diversos ejes de vuelco planteados se determina el polígono de estabilidad, el cual indica que, para aquellas posiciones en las que el centro de gravedad de la suma de la masa del subconjunto superior y la del ocupante se sitúa en el interior de la misma, la silla será estáticamente segura. No obstante, cuando esta carga está aplicada fuera del polígono, es necesario calcular tanto el momento estabilizador como el de vuelco.



*Imagen 35. Polígono de estabilidad vista planta inferior.
Fuente: elaboración propia*

Durante la realización de la transferencia, no se ocasiona el vuelco del conjunto hacia atrás debido a que el punto A del polígono de estabilidad está ubicado en la misma línea vertical que el centro de gravedad del usuario. No obstante, se podría producir el vuelco lateralmente, por lo que es necesario comprobar que el momento de vuelco es inferior al momento estabilizador, obteniendo estos como el producto de la distancia perpendicular a la línea de vuelco por la masa.

$$M_{\text{estabilizador}} = P_i \cdot d_2$$

$$M_{\text{vuelco}} = (P_s + P_u) \cdot d_1$$

Para un giro de 90 °, ángulo necesario para la transferencia del usuario, el momento de vuelco no supera al momento estabilizador en ningún momento, por lo que, según la utilización prevista para el producto, se garantiza la estabilidad estática durante la acción de traslado entre superficies del paciente.

P_i (N)	2.575,75284	d_1 (mm)	162,79
P_s (N)	514,8288	d_2 (mm)	362,63
P_u (N)	1962	$M_{\text{estabilizador}}$ (Nm)	934,02
		M_{vuelco} (Nm)	403,20

Tabla 15. Fuerzas internas en el reposabrazos

2.8. CÁLCULO A CORTANTE DE LA TORNILLERÍA

Se realiza el cálculo a cortante de la tornillería sometida a esfuerzos elevados, es por ello que se analiza tanto la tornillería del reposabrazos como de las ruedas tanto traseras como delanteras.

2.8.1. TORNILLERÍA DEL REPOSABRAZOS

El reposabrazos se une mediante tornillería tanto a los actuadores como al perfil de giro, quedando ambas uniones atornilladas sometidas a cortante, debido a lo cual, para una transferencia segura del ocupante, así como para garantizar la eficiencia de la unión atornillada respecto al resto de componentes, se realiza el cálculo a cortadura.

Conociendo las características de la tornillería empleada en ambas conexiones, se procede con el cálculo del coeficiente o factor de seguridad (N) como:

$$N = \frac{\tau_{\text{adm}}}{\tau}$$

donde:

- τ_{adm} : esfuerzo máximo admisible a cizalladura (límite elástico), en MPa;
- τ : esfuerzo de cortadura determinado, en MPa, calculado según la expresión:

$$\tau = \frac{4}{3} \cdot \frac{P}{A}$$

siendo:

- P: carga estática aplicada en el tornillo que, debido a la simetría del subconjunto superior respecto al plano sagital, se corresponde con la mitad de la reacción R_B ,

para el cálculo de la orejeta, y R_A , para el cálculo de la unión con el perfil de giro, máxima obtenida en el apartado 2.6. *Fuerzas internas en el reposabrazos.*

- A: área de esfuerzo a cortante, la cual se calcula haciendo uso de la expresión:

$$A = \frac{\pi}{4} d_r^2$$

donde d_r es el diámetro de rosca, determinado a partir de la igualdad:

$$d_r = d - 1,226896 \cdot p$$

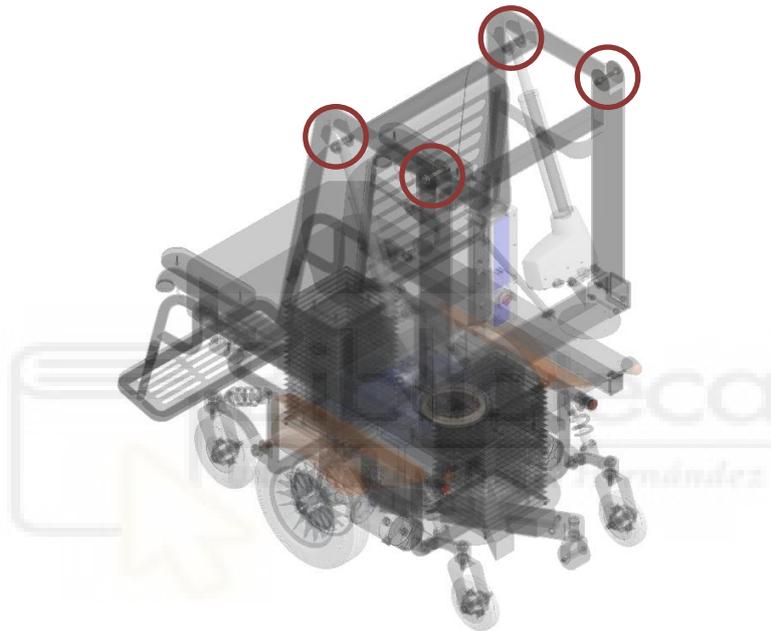


Imagen 36. Tornillería de unión del reposabrazos. Fuente: elaboración propia

	Orejeta de giro	Orejeta actuador
Tornillería	M12 × 80	M12 × 70
Calidad	12.9	12.9
Límite de rotura	1.200 N/mm ²	1.200 N/mm ²
Límite elástico	1.080 N/mm ²	1.080 N/mm ²
Diámetro exterior (d)	12 mm	12 mm
Paso de rosca (p)	1,75 mm	1,75 mm
Carga estática (P)	1.514,79 N	2.045,85 N
Diámetro de rosca (d_r)	9,85 mm	9,85 mm
Área de esfuerzo a cortante (A)	76,25 mm ²	76,25 mm ²
Esfuerzo cortante (τ)	35,78 N/mm ²	26,89 N/mm ²
Factor de seguridad (N)	40,77 s. u.	30,19 s. u.

Tabla 16. Descripción de la tornillería empleada en la unión del reposabrazos

Se comprueba, por lo tanto, que ambas uniones atornilladas cumplen a cizalladura, pues el factor de seguridad (N) obtenido es superior a 2 para el caso más desfavorable en el que la masa del usuario es de 200 kg y el valor de la carga estática es máximo, el cual hace referencia a la mitad, debido a la simetría respecto al plano sagital, del máximo valor de la reacción obtenida en el apartado 2.6. *Fuerzas internas en el reposabrazos.*

2.8.2. TORNILLERÍA DE LAS RUEDAS

Se repite el procedimiento planteado en el apartado anterior para la tornillería de las ruedas delantera, motriz y trasera, teniendo en consideración que la carga estática que se aplica en el tornillo (P) se corresponde con la máxima fuerza de reacción calculada para cada rueda de forma individual en el apartado 2.1. *Fuerzas internas en los apoyos.*

Las ruedas delantera y trasera se unen por medio de tornillería al tenedor, quedando la unión sometida a cortante y siendo, por tanto, necesario el cálculo a cortadura de la unión de las ruedas al tenedor para garantizar una unión atornillada que cumple con los requisitos de servicio para los cuales está prevista. Mientras que, la rueda motriz se une mediante tornillería al eje del motor, siendo igualmente requerido el factor de seguridad.

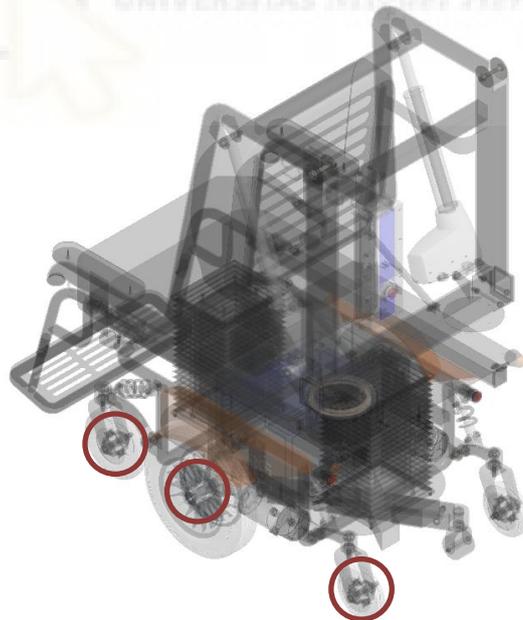


Imagen 37. Tornillería de unión de las ruedas. Fuente: elaboración propia

Se comprueba que la tornillería de las ruedas cumplen a cizalladura, ya que el factor de seguridad obtenido (N) tanto para la rueda motriz como delantera y trasera es mayor que 2 para el caso más desfavorable en el que la masa del usuario es de 200 kg y el valor de la carga estática es máximo.

	Rueda delantera	Rueda motriz	Rueda trasera
Descripción tornillería	M12 × 90	M12 × 90	M12 × 90
Calidad	8.8	8.8	8.8
Límite de rotura	800 N/mm ²	800 N/mm ²	800 N/mm ²
Límite elástico	640 N/mm ²	640 N/mm ²	640 N/mm ²
Diámetro exterior (d)	12 mm	12 mm	12 mm
Paso de rosca (p)	1,75 mm	1,75 mm	1,75 mm
Carga estática (P)	453,529 N	282,33 N	1.840,16 N
Diámetro de rosca (d_r)	9,85 mm	9,85 mm	9,85 mm
Área de esfuerzo a cortante (A)	76,25 mm ²	76,25 mm ²	76,25 mm ²
Esfuerzo cortante (τ)	7,93 N/mm ²	4,94 N/mm ²	32,18 N/mm ²
Factor de seguridad (N)	80,70 s. u.	129,63 s. u.	19,89 s. u.

Tabla 17. Descripción de la tornillería empleada en la unión de las ruedas

2.9. COJINETE DE ANILLO DE GIRO

Para el giro del subconjunto superior respecto del inferior un ángulo de 90 °, se hace uso de un cojinete de giro de aluminio anodizado duro que, además de soportar una carga tanto axial como radial elevada, resiste un momento de hasta 2.000 Nm, siendo relevante que el plato de rotación por levas esté diseñado para soportar momentos elevados debidos a la distancia entre el centro de gravedad del sumatorio de la masa tanto del usuario como del subconjunto superior y el punto de giro, teniendo esta un valor de 793 mm.

El producto del sumatorio del peso del subconjunto superior y el usuario (2476,83 N) por la distancia entre el centro de gravedad de dicho sumatorio y el punto de giro referido al cojinete de rotación, implica un momento de 1.964,13 Nm, que, al ser inferior al valor máximo facilitado por el fabricante en la ficha técnica del componente, se verifican las prestaciones de servicio del mismo.

2.10. SIMULACIONES MEDIANTE SOFTWARE INFORMÁTICO

Se procede realizando los correspondientes estudios referidos al análisis de tensiones de los componentes más comprometidos del diseño mediante software informático, por lo que se hará uso del programa AutoDesk Inventor, que presta soporte a la ingeniería a través de la simulación de elementos finitos para la resolución de sistemas estáticos por medio de la predicción de cómo funcionará y reaccionará un determinado elemento en un entorno real.

La calidad de un diseño puede medirse según varios criterios, siendo especialmente importante la tensión de Von Mises, un escalar proporcional a la energía de deformación elástica de distorsión que puede expresarse en función de las componentes del tensor de tensión. Así como el coeficiente de seguridad, siendo el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor de trabajo al que se verá sometido. Es también relevante conocer el desplazamiento sufrido por los elementos consecuencia de los esfuerzos, ya que esto podría suponer un problema de fatiga.

Todos los mecanismos de acero estructural deben tener un coeficiente de seguridad (CS) superior a 2, así como un desplazamiento inferior a 5 mm, siendo ambos criterios de selección propia, pues que considera que, para valores superiores, las prestaciones de servicio previstas para la silla de ruedas eléctrica de transferencia AMELIA no se verán afectadas.

En ingeniería estructural, la tensión de Von Mises, magnitud física proporcional a la energía de distorsión, se utiliza en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles, siendo, por tanto, el criterio de Von Mises un criterio de resistencia estática aplicado a materiales dúctiles.

La tensión de Von Mises es obtenida a partir de las tensiones principales del tensor tensión en un punto de un sólido deformable de acuerdo con la expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2}}$$

donde $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ son las tensiones principales.

Siendo el coeficiente de seguridad en el punto analizado:

$$N_s = \frac{S_y}{\sigma_{VM}}$$

donde S_y es el límite elástico o de fluencia a tracción del material, el cual debe ser superior a la tensión de Von Mises para garantizar la seguridad estructural.

El acero empleado para la conformación de la silla es S235JRH para tubos huecos y UNE F1110 para pletinas, barras macizas y demás piezas.

El acero al carbono calidad F1110 se emplea en piezas de maquinaria diseñadas para resistir un límite elástico de entre 25 y 40 kg/mm² en su estado normalizado o bruto de laminación en las que se exija muy buena calidad y tenacidad. También se emplea en la fabricación de piezas que se obtengan por embutición o plegado y admite muy bien la soldadura para cualquier espesor.

Para los perfiles huecos acabados en frío se emplea el acero estructural S235JRH.

Tipo de acero	Límite elástico, en N/mm ² , para un espesor de pared nominal en mm	
	e ≤ 16	16 < e ≤ 40
S235JRH	235	225

Tabla 18. Límite elástico del acero estructural S235JRH

2.10.1. ANÁLISIS DE TENSIÓN DE LAS RUEDAS

Se procede con la simulación de los elementos principales de fabricación exclusiva de acero estructural que mantienen la unión entre las ruedas y la masa suspendida de la silla, se utilizará el valor máximo referido a la reacción interna obtenida individualmente para cada una de las ruedas en el apartado 2.1. *Fuerzas internas en los apoyos.*

	$F_{m\acute{a}x}$	Modo $F_{m\acute{a}x}$
Rueda delantera	453,52 N	Modo silla sentido marcha adelante
Rueda motriz	1,840,16 N	Modo silla sentido marcha atrás
Rueda trasera	282,33 N	Modo grúa sentido marcha atrás

Tabla 19. Reacciones máximas determinadas en las ruedas

Se analizarán únicamente las piezas de diseño y fabricación propia, justificando el esfuerzo al que se ve sometido el ensamblaje de la rueda delantera y trasera por medio de la tabla contigua, proporcionada por el fabricante del rodamiento en cuestión, reflejando

en la misma el valor máximo de capacidad de carga estática soportado por el rodamiento de bolas, siendo el valor numérico de este superior a las reacciones internas obtenidas tanto para la rueda delantera como para la trasera, por lo que las prestaciones de servicio no se verán afectadas para los rodamientos.

Rodamiento de bolas	
Valor nominal de carga estático	3,1 kN
Valor nominal de carga dinámico	7,28 kN

Tabla 20. Valor nominal de carga para el rodamiento



*Imagen 38. Aplicación de la reacción en la rueda delantera, motriz y trasera
Fuente: elaboración propia*

Nodos:6005
Elementos:3123
Tipo: Tensión de Von Mises
Unidad: MPa
22/06/2021, 20:25:25
40,79 Máx.

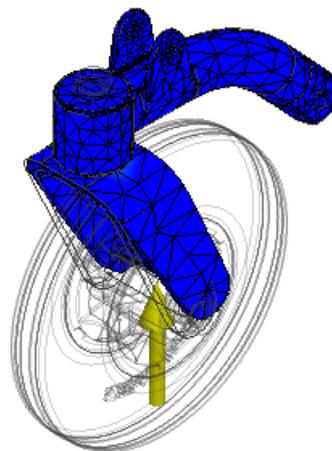
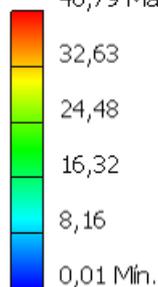


Imagen 39. Tensión de Von Mises rueda delantera. Fuente: elaboración propia

Nodos:6005
 Elementos:3123
 Tipo: Desplazamiento
 Unidad: mm
 22/06/2021, 20:25:26
 0,05724 Máx.

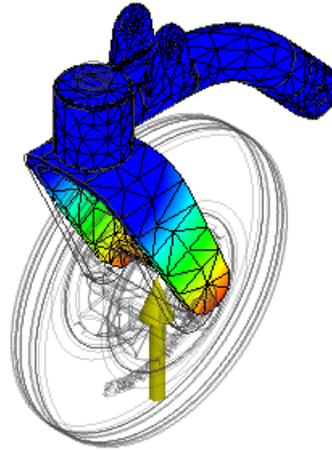
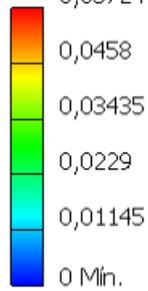


Imagen 40. Desplazamiento rueda delantera. Fuente: elaboración propia

Nodos:6005
 Elementos:3123
 Tipo: Coeficiente de seguridad
 Unidad: ul
 22/06/2021, 20:25:25

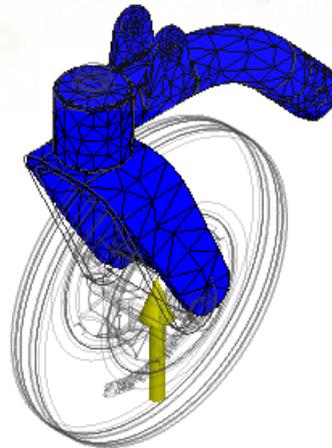
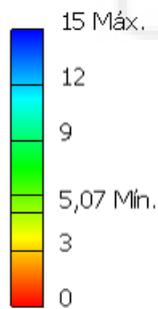


Imagen 41. Coeficiente de seguridad rueda delantera. Fuente: elaboración propia

	Valor obtenido de la simulación	Valor impuesto	
Máxima tensión de Von Mises	40,79 MPa	225 MPa	Conforme
Mínimo coeficiente de seguridad	5,07 s.u.	2 s.u.	Conforme
Máximo desplazamiento	0,05724 mm	5 mm	Conforme

Tabla 21. Resultados de la simulación de tensión para la rueda delantera

	Valor obtenido de la simulación	Valor impuesto	
Máxima tensión de Von Mises	28,97 MPa	225 MPa	Conforme
Mínimo coeficiente de seguridad	7,14 s.u.	2 s.u.	Conforme
Máximo desplazamiento	0,006591 mm	5 mm	Conforme

Tabla 22. Resultados de la simulación de tensión para la rueda motriz

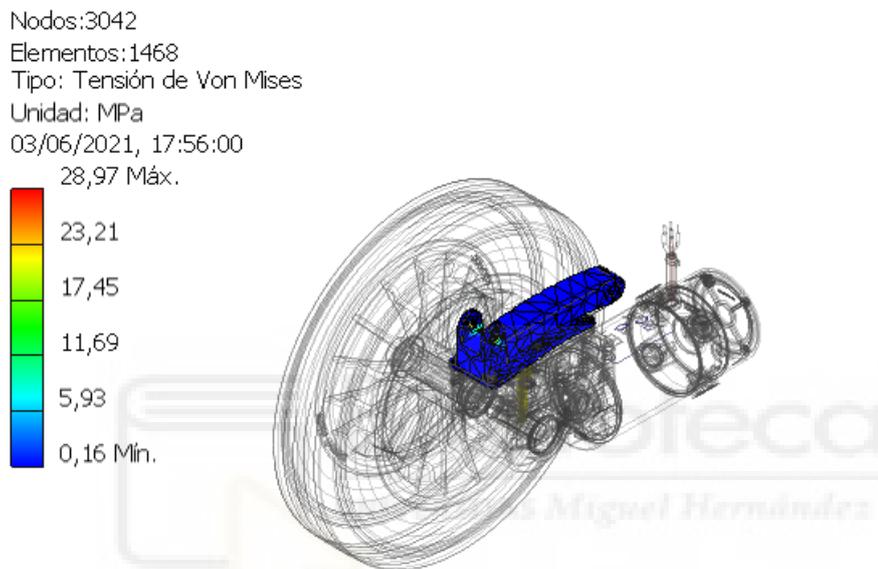


Imagen 42. Tensión de Von Mises rueda motriz. Fuente: elaboración propia

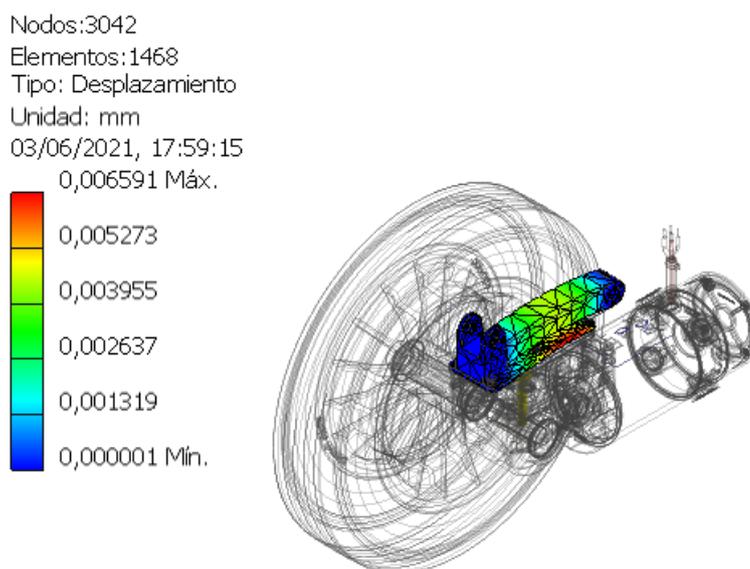


Imagen 43. Desplazamiento rueda motriz. Fuente: elaboración propia

Nodos:3042
 Elementos:1468
 Tipo: Coeficiente de seguridad
 Unidad: ul
 03/06/2021, 17:57:41

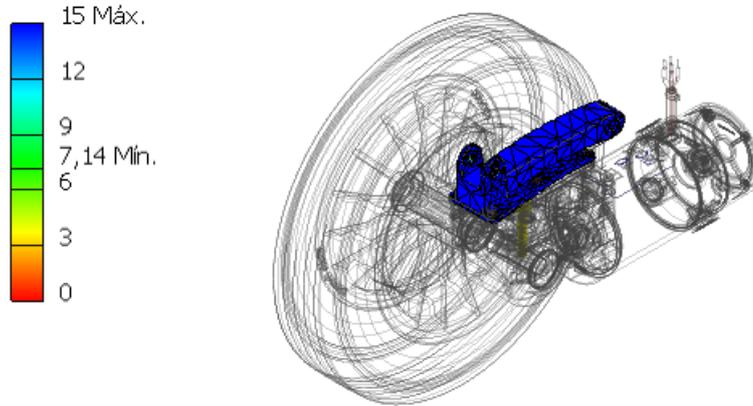


Imagen 44. Coeficiente de seguridad rueda motriz. Fuente: elaboración propia

	Valor obtenido de la simulación	Valor impuesto	
Máxima tensión de Von Mises	84,12 MPa	225 MPa	Conforme
Mínimo coeficiente de seguridad	2,46 s.u.	2 s.u.	Conforme
Máximo desplazamiento	0,1343 mm	5 mm	Conforme

Tabla 23. Resultados de la simulación de tensión para la rueda trasera

Nodos:35702
 Elementos:19735
 Tipo: Tensión de Von Mises
 Unidad: MPa
 03/06/2021, 19:04:39

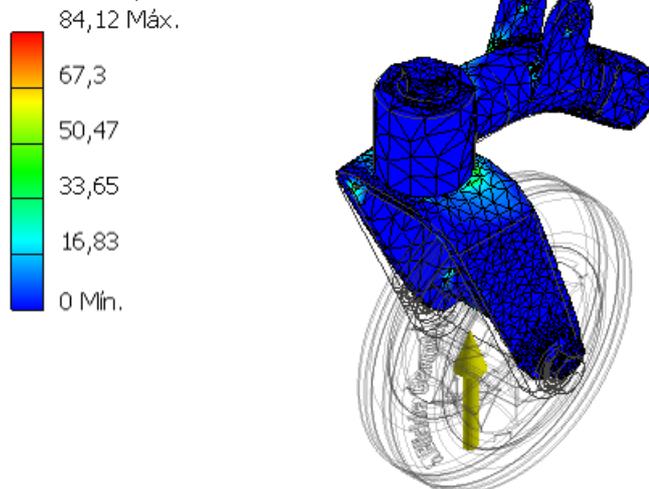


Imagen 45. Tensión de Von Mises rueda trasera. Fuente: elaboración propia

Nodos:35702
 Elementos:19735
 Tipo: Desplazamiento
 Unidad: mm
 03/06/2021, 19:00:12
 0,1343 Máx.

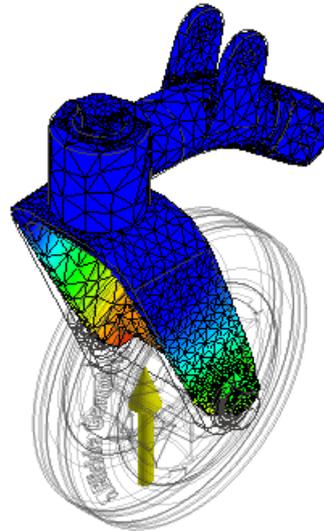
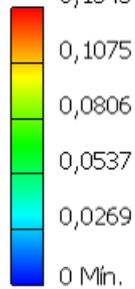


Imagen 46. Desplazamiento rueda trasera. Fuente: elaboración propia

Nodos:35702
 Elementos:19735
 Tipo: Coeficiente de seguridad
 Unidad: ul
 03/06/2021, 19:00:12
 15 Máx.

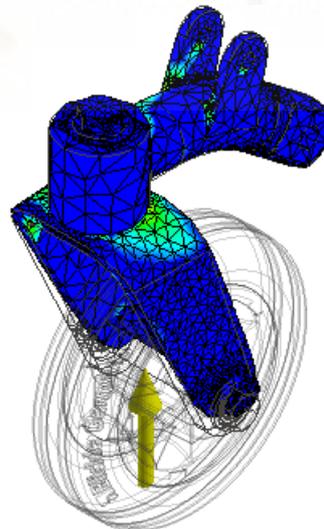
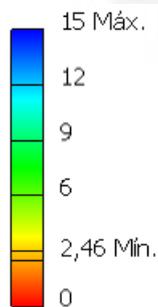


Imagen 47. Coeficiente de seguridad rueda trasera. Fuente: elaboración propia

2.10.2. ANÁLISIS DE TENSIÓN DEL BASTIDOR Y CHASIS

Se realiza el análisis de tensiones para el estudio del bastidor y chasis, elementos que son considerados como una única pieza, para los tres modos de estudio: modo conducción con las ruedas en sentido de marcha adelante y marcha atrás, así como modo grúa con las

ruedas orientadas marcha atrás. Para los tres análisis estáticos se tendrán en consideración las reacciones internas obtenidas en la sección 2.2. *Diagrama de sólido libre en las ruedas.*

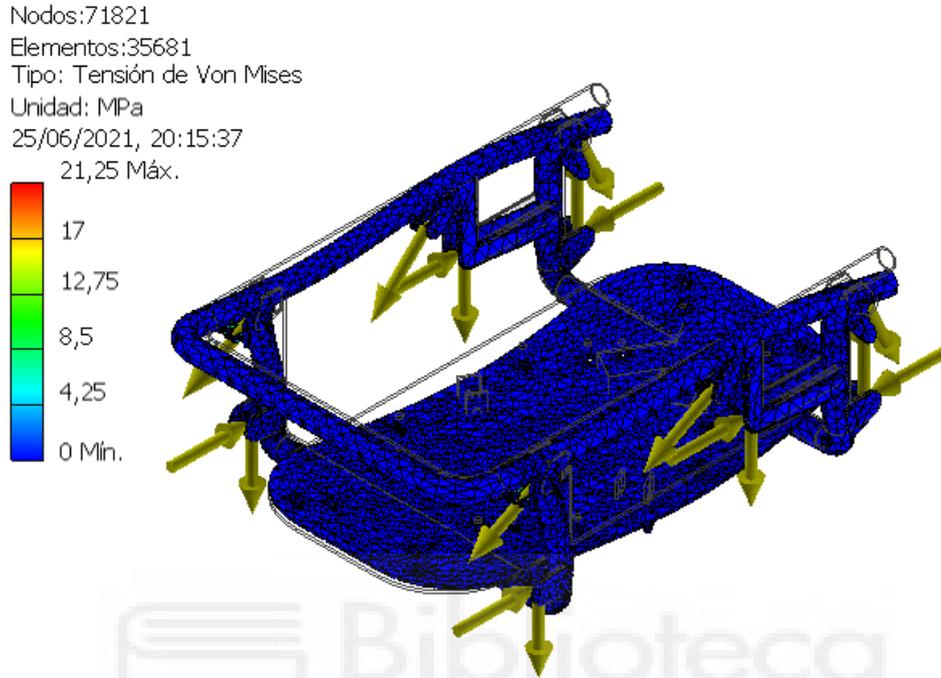


Imagen 48. Tensión de Von Mises del bastidor en modo conducción con las ruedas orientadas marcha adelante. Fuente: elaboración propia

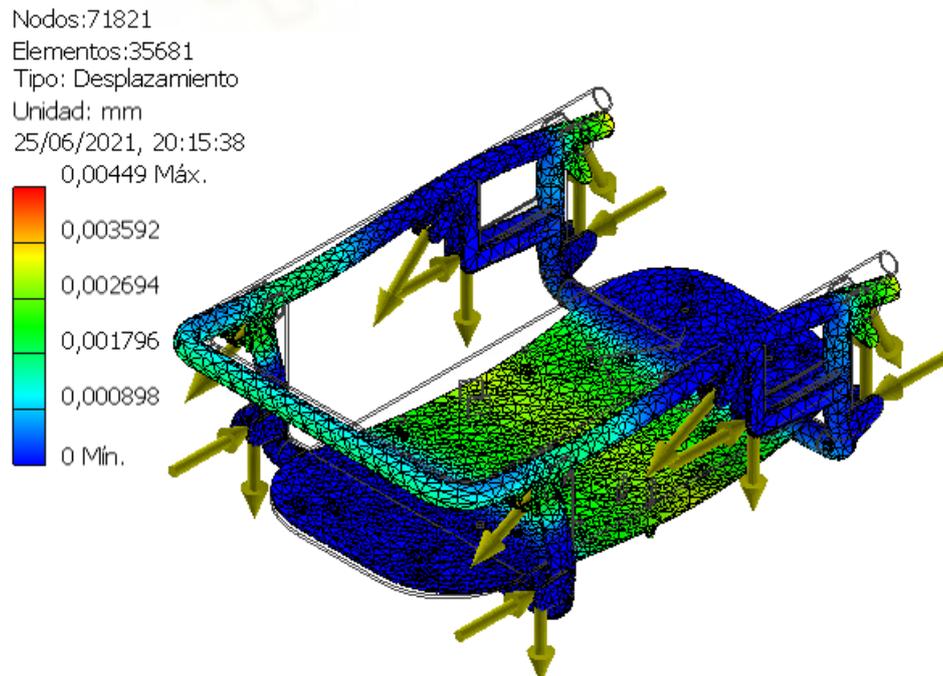


Imagen 49. Desplazamiento del bastidor en modo conducción con las ruedas orientadas marcha adelante. Fuente: elaboración propia

Nodos:71821
 Elementos:35681
 Tipo: Coeficiente de seguridad
 Unidad: ul
 25/06/2021, 20:15:38

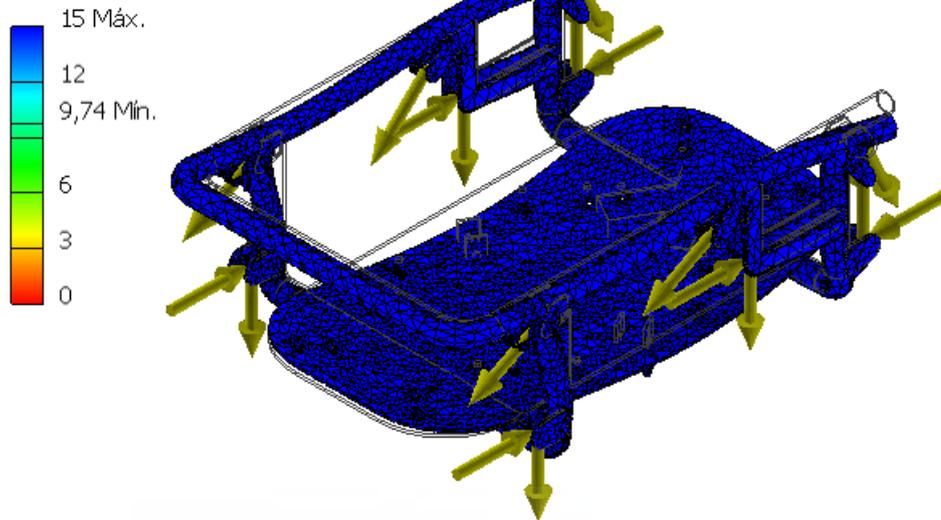


Imagen 50. Coeficiente de seguridad del bastidor en modo conducción con las ruedas orientadas marcha adelante. Fuente: elaboración propia

	Valor obtenido de la simulación	Valor impuesto	
Máxima tensión de Von Mises	21,25 MPa	225 MPa	Conforme
Mínimo coeficiente de seguridad	9,74 s.u.	2 s.u.	Conforme
Máximo desplazamiento	0,00449 mm	5 mm	Conforme

Tabla 24. Resultados de la simulación de tensión para el bastidor en modo conducción marcha adelante

	Valor obtenido de la simulación	Valor impuesto	
Máxima tensión de Von Mises	35,49 MPa	225 MPa	Conforme
Mínimo coeficiente de seguridad	5,83 s.u.	2 s.u.	Conforme
Máximo desplazamiento	0,007266 mm	5 mm	Conforme

Tabla 25. Resultados de la simulación de tensión para el bastidor en modo conducción marcha atrás

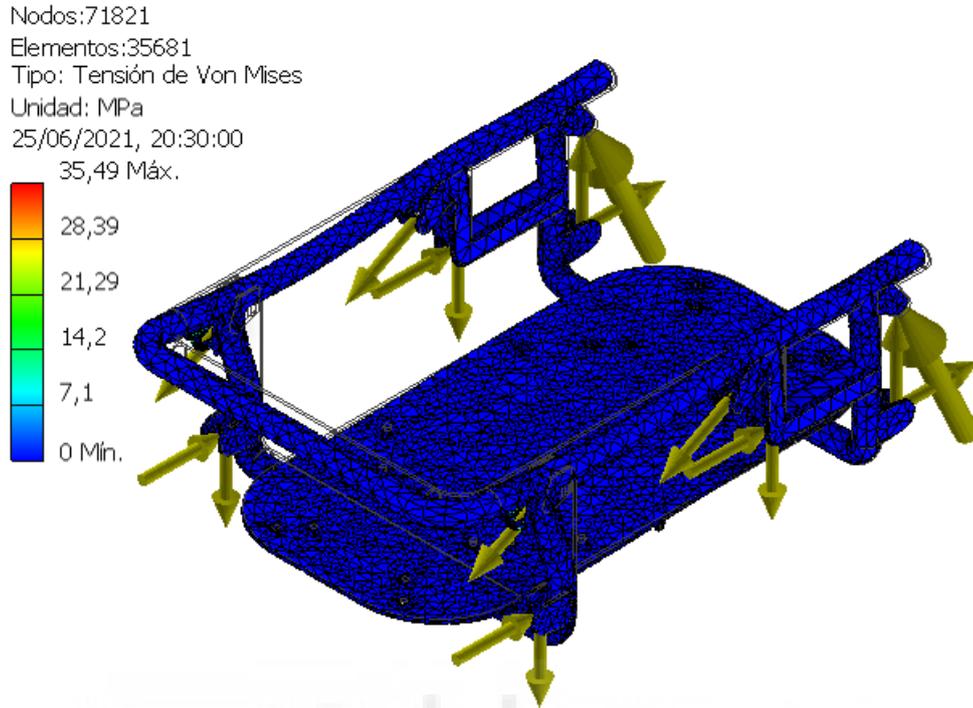


Imagen 51. Tensión de Von Mises del bastidor en modo conducción con las ruedas orientadas marcha atrás. Fuente: elaboración propia

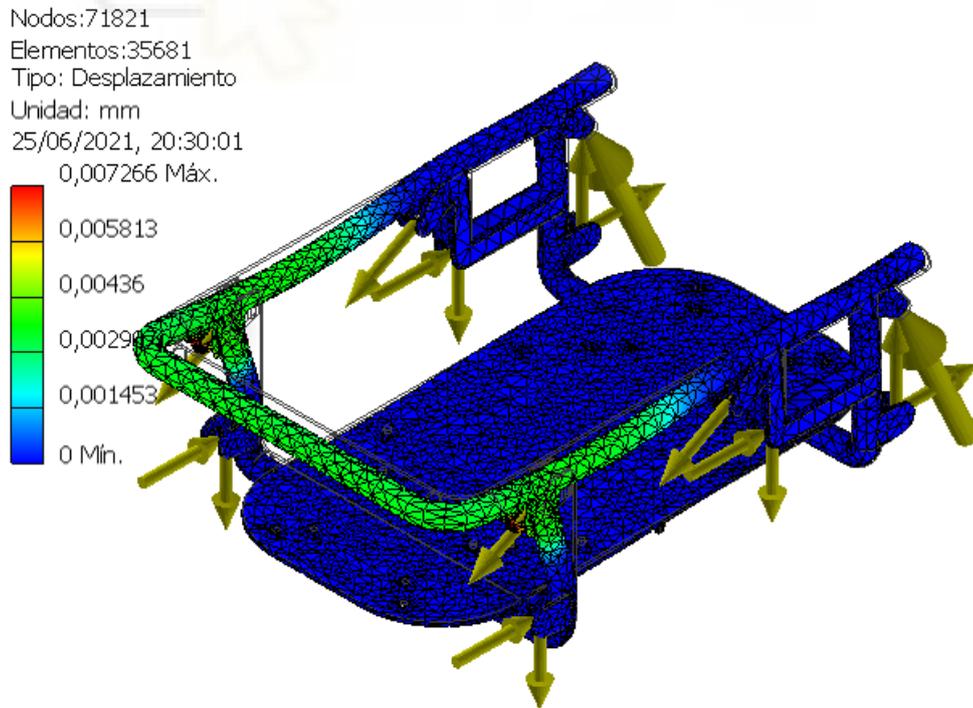


Imagen 52. Desplazamiento del bastidor en modo conducción con las ruedas orientadas marcha atrás. Fuente: elaboración propia

Nodos:71821
 Elementos:35681
 Tipo: Coeficiente de seguridad
 Unidad: ul
 25/06/2021, 20:30:01

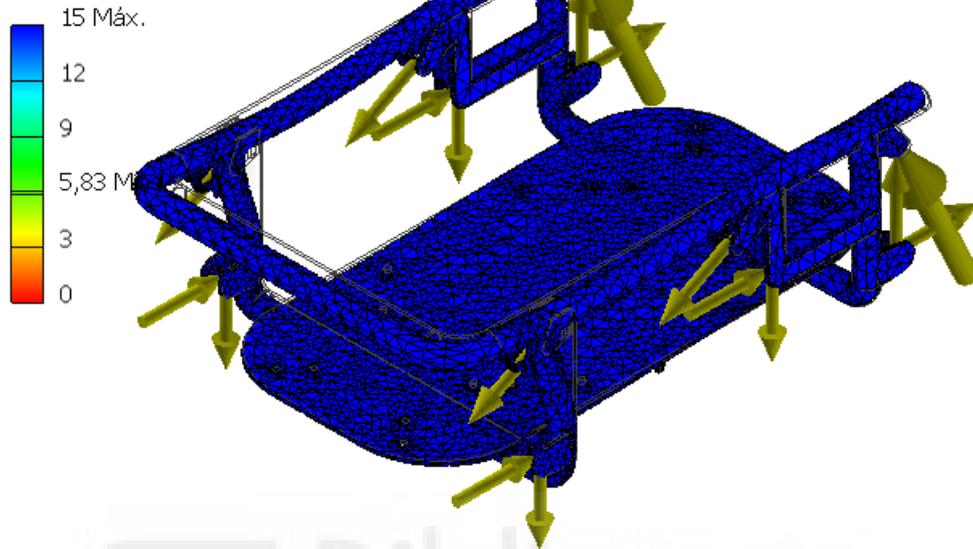


Imagen 53. Coeficiente de seguridad del bastidor en modo conducción con las ruedas orientadas marcha atrás. Fuente: elaboración propia

Nodos:71821
 Elementos:35681
 Tipo: Tensión de Von Mises
 Unidad: MPa
 25/06/2021, 20:45:50

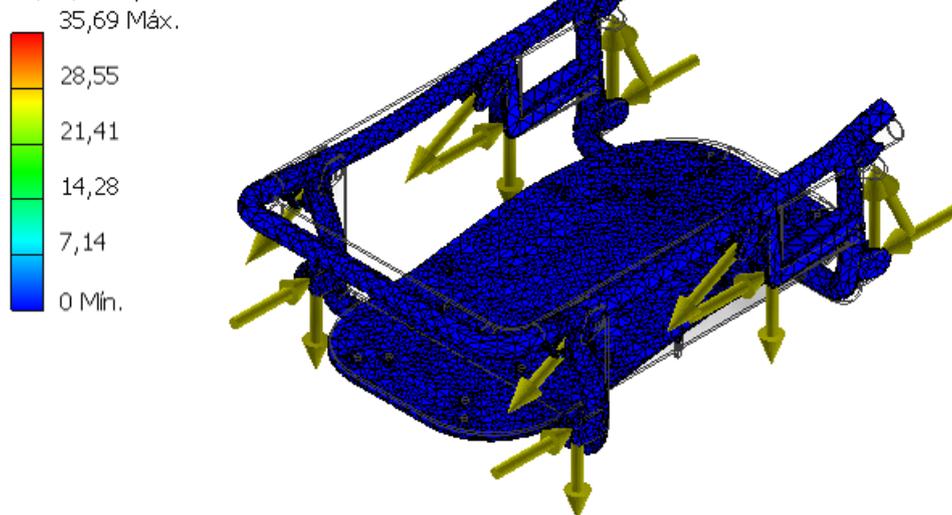


Imagen 54. Tensión de Von Mises del bastidor en modo grúa con las ruedas orientadas marcha atrás. Fuente: elaboración propia

Nodos:71821
 Elementos:35681
 Tipo: Desplazamiento
 Unidad: mm
 25/06/2021, 20:45:51
 0,007783 Máx.

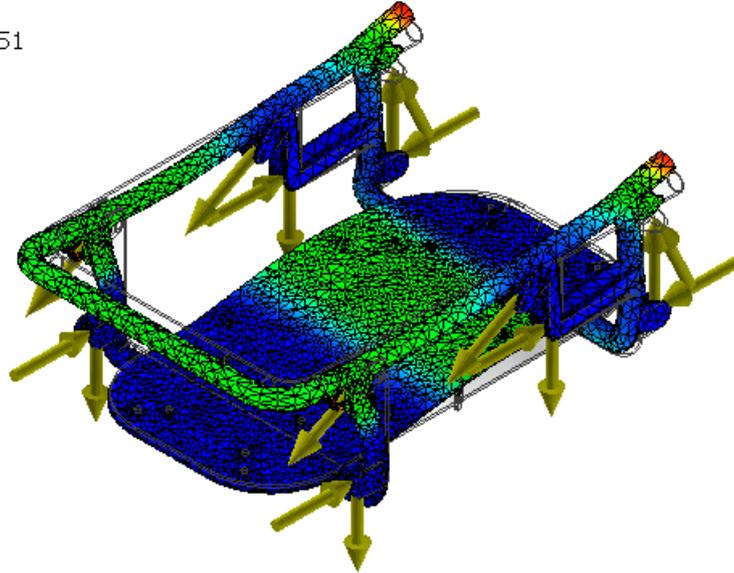
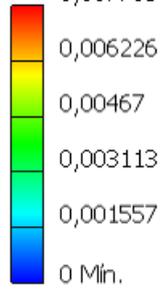


Imagen 55. Desplazamiento del bastidor en modo grúa con las ruedas orientadas marcha atrás. Fuente: elaboración propia

Nodos:71821
 Elementos:35681
 Tipo: Coeficiente de seguridad
 Unidad: ul
 25/06/2021, 20:45:51
 15 Máx.

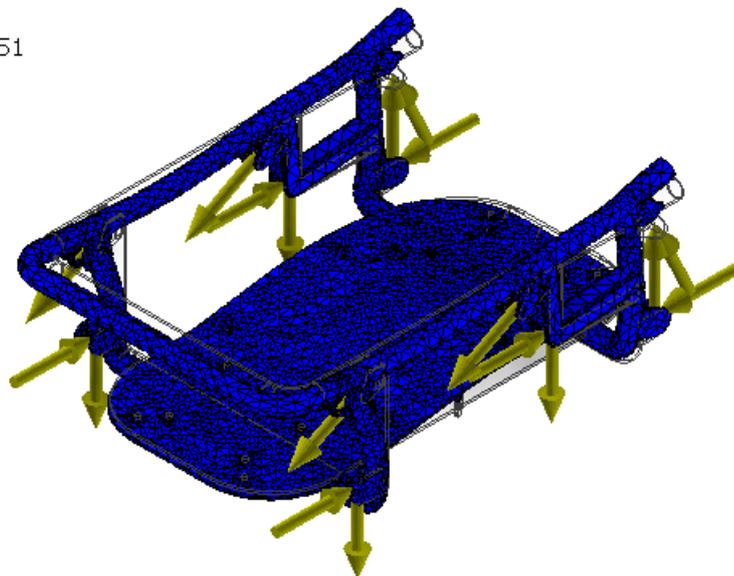
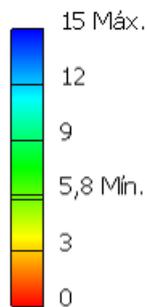


Imagen 56. Coeficiente de seguridad del bastidor en modo grúa con las ruedas orientadas marcha atrás. Fuente: elaboración propia

	Valor obtenido de la simulación	Valor impuesto	
Máxima tensión de Von Mises	35,69 MPa	225 MPa	Conforme
Mínimo coeficiente de seguridad	5,8 s.u.	2 s.u.	Conforme
Máximo desplazamiento	0,007783 mm	5 mm	Conforme

Tabla 26. Resultados de la simulación de tensión para el bastidor en modo grúa marcha atrás

2.10.3. ANÁLISIS DE TENSIÓN DEL REPOSABRAZOS

El reposabrazos es uno de los aspectos más innovadores de la silla de transferencia, ya que actúa como grúa permitiendo realizar el traslado de la persona dependiente desde la silla a cualquier otra superficie y viceversa, pues, además de ser abatibles, incorpora un dispositivo de anclaje en su extremo libre para la sujeción de las eslingas del arnés, por lo que es imprescindible verificar las prestaciones de servicio que de él se solicitan.

Se procede realizando el análisis de tensiones del reposabrazos en su situación más desfavorable, siendo esta cuando la carrera del actuador es máxima, comprobando tanto el desplazamiento y coeficiente de seguridad como la tensión de Von Mises.

R_A (N)	F_{act} (N)	$P_u + P_r$ (N)
- 3.029,57	4.165,76	1062,13

Tabla 27. Fuerzas internas de reacción máximas en el reposabrazos

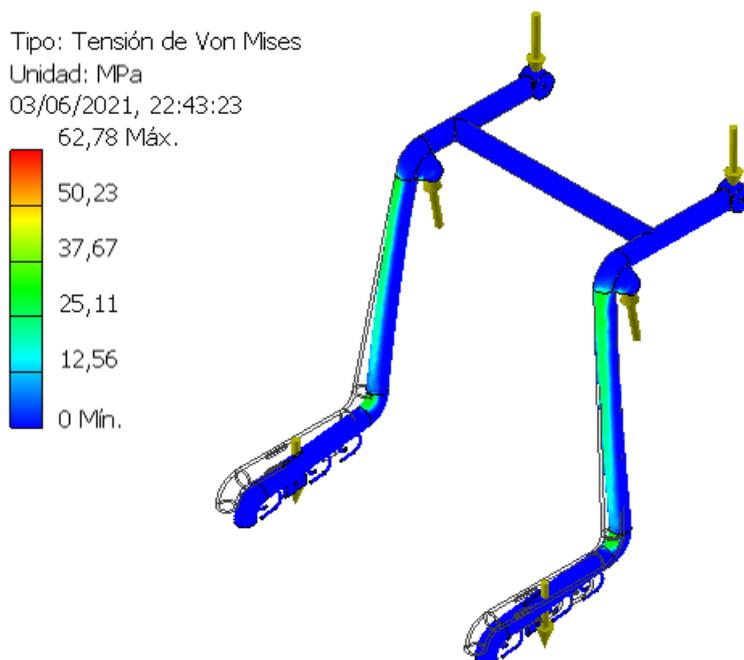


Imagen 57. Tensión de Von Mises reposabrazos. Fuente: elaboración propia

Tipo: Desplazamiento
Unidad: mm
03/06/2021, 22:43:24
2,756 Máx.

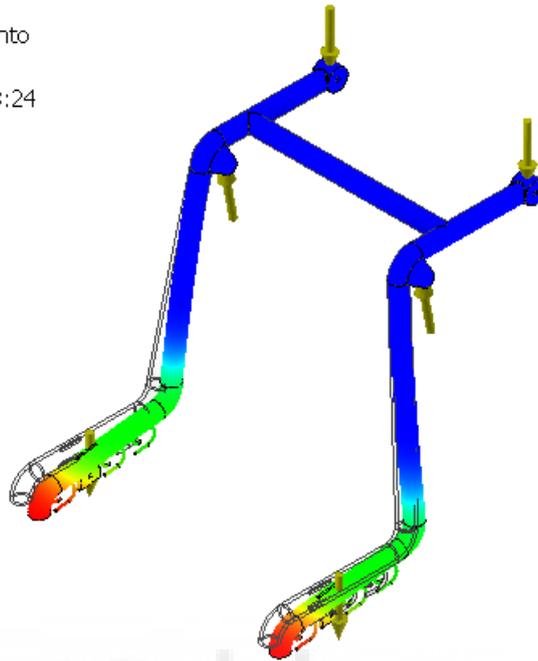
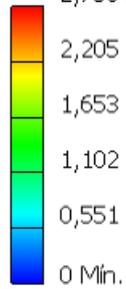


Imagen 58. Desplazamiento reposabrazos. Fuente: elaboración propia

Tipo: Coeficiente de seguridad
Unidad: ul
03/06/2021, 22:43:23

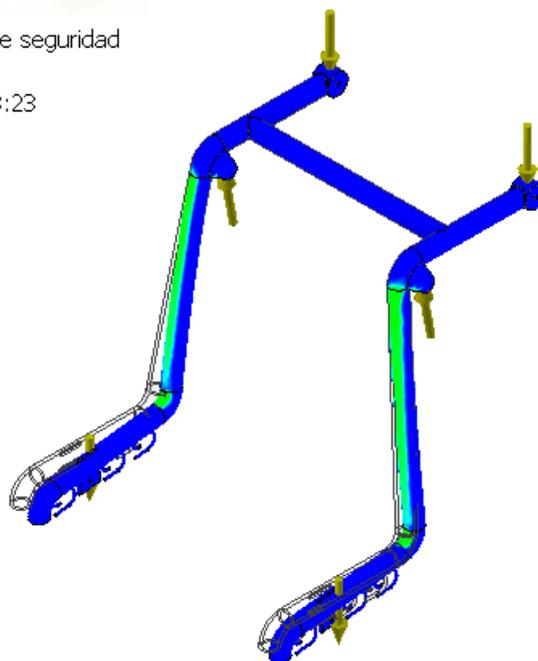
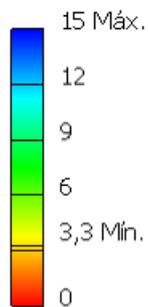


Imagen 59. Coeficiente de seguridad reposabrazos. Fuente: elaboración propia

	Valor obtenido de la simulación	Valor impuesto	
Máxima tensión de Von Mises	62,78 MPa	225 MPa	Conforme
Mínimo coeficiente de seguridad	3,3 s.u.	2 s.u.	Conforme
Máximo desplazamiento	2,756 mm	5 mm	Conforme

Tabla 28. Resultados de la simulación de tensión para el reposabrazos

3. PLANIFICACIÓN

La silla de transferencia está constituida por los elementos mostrados en los planos, así como se adjuntan en la tabla, siendo gran cantidad de estos comerciales, es decir, se obtienen directamente del mercado con la forma final necesaria para su utilización en el ensamblaje del conjunto, lo cual permite abaratar el coste y obtener económicamente un producto accesible, ya que un material comercial es más asequible que uno hecho a medida. No obstante, existen otros componentes que requieren modificación para su uso en el montaje del producto final, por lo que se recurre a la subcontratación para realizar los elementos de fabricación exclusiva, estimando un plazo de entrega de todas las piezas necesarias, así como el montaje de la silla de ruedas de transferencia, de 12 semanas.

En el diseño de una silla de ruedas existen características intrínsecas, como son, por ejemplo, las ruedas, el asiento, el reposapiés y el respaldo entre otras, es por ello que es necesario extraer una lista de los elementos principales de la silla de ruedas para dividir el producto en subconjuntos de fabricación más simples que permitan facilitar el diseño, sin dejar de tener en cuenta su interrelación, razón por la cual el producto es dividido en tres subconjuntos (ver plano 4).

Por otro lado, la definición del ciclo productivo establece el tiempo requerido desde la obtención de la materia prima para el montaje del producto preparado hasta su entrada en el mercado, así como el ciclo de vida incluye desde la adquisición del mismo por el usuario hasta su reciclaje y/o deshecho como producto no útil. En el actual proyecto la silla de transferencia propuesta debe tener un ciclo de producción corto y un tiempo de vida útil largo. Siendo objetivo del proyecto cerrar el ciclo completo al máximo, pues se pretende minimizar las entradas y salidas de material, con la intención de que un técnico autorizado por Rois Medical S.L. repare los elementos dañados, siendo estos, en última instancia, reciclados y sustituidos por unos nuevos.

Subensamblaje	Designación	Origen del componente	Descripción	LT sem.
Inferior	I.- 01	Fabricación exclusiva	Bastidor y chasis	4
Inferior	I.- 02	Fabricación exclusiva	Pata delantera derecha	4
Inferior	I.- 03	Fabricación exclusiva	Pata delantera izquierda	4
Inferior	I.- 04	Fabricación exclusiva	Tenedor delantero	4
Inferior	I.- 05	Fabricación exclusiva	Tenedor trasero	4
Inferior	I.- 06	Venta directa	Rueda delantera	1
Inferior	I.- 07	Venta directa	Rueda motriz	1
Inferior	I.- 08	Venta directa	Rueda trasera	1
Inferior	I.- 09	Venta directa	Motor izquierdo	1,5
Inferior	I.- 10	Venta directa	Motor derecho	1,5
Inferior	I.- 11	Venta directa	Amortiguador delantero	3
Inferior	I.- 12	Venta directa	Amortiguador motriz	3
Inferior	I.- 13	Venta directa	Amortiguador trasero	3
Inferior	I.- 14	Fabricación especial	Sujeción motor izquierdo	4
Inferior	I.- 15	Fabricación especial	Sujeción motor derecho	4
Inferior	I.- 16	Modificado	Fuelle	3,5
Inferior	I.- 17	Venta directa	Caja baterías	2
Inferior	I.- 018	Venta directa	Tapa caja baterías	2
Inferior	I.- 19	Venta directa	Columna elevadora	4
Inferior	I.- 20	Venta directa	Baterías de gel	3
Inferior	I.- 21	Venta directa	Luces Spark	1,5
Inferior	I.- 22	Modificado	Carcasa izquierda	5
Inferior	I.- 23	Modificado	Carcasa derecha	5
Intermedio	M.- 01	Fabricación especial	Soporte intermedio	3
Intermedio	M.- 02	Venta directa	Cojinete de anillo de giro	2
Intermedio	M.- 03	Venta directa	Intermitentes	3
Intermedio	M.- 04	Venta directa	Luces Halley	1,5
Intermedio	M.- 05	Fabricación especial	Patas reposapiés	3
Intermedio	M.- 06	Fabricación especial	Reposapiés	3
Intermedio	M.- 07	Modificado	Cojín asiento	2
Intermedio	M.- 08	Modificado	Cojín lumbar	2
Superior	S.- 01	Fabricación especial	Perfil de giro	4
Superior	S.- 02	Fabricación especial	Reposabrazos	4
Superior	S.- 03	Venta directa	Actuador lineal	4
Superior	S.- 04	Fabricación especial	Chapa respaldo	4
Superior	S.- 05	Fabricación especial	Chapa apoyabrazos dcha	4
Superior	S.- 06	Fabricación especial	Chapa apoyabrazos izda	4
Superior	S.- 07	Venta directa	Joystick	4
Superior	S.- 08	Modificado	Cojín respaldo	2
Superior	S.- 09	Venta directa	Unidad de mando y control o joystick	4
Superior	S.- 10	Venta directa	Batería y caja control	4

Tabla 29. Designación de los componentes con su respectivo plazo de servicio

PROCESO DE FABRICACIÓN	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Disponibilidad componentes sub. inferior	█											
Montaje subensamblaje inferior					█							
Disponibilidad componentes sub. intermedio					█							
Montaje subensamblaje intermedio							█					
Disponibilidad componentes sub. inferior									█		█	
Montaje subensamblaje inferior											█	

Tabla 30. Diagrama de Gantt para el proceso de fabricación

4. ESTUDIO DE SEGURIDAD

El producto ha sido desarrollado para prestar una seguridad inherente, no obstante, al ser una silla de ruedas totalmente innovadora, es posible que surjan problemas hasta que los usuarios se familiaricen con su utilización, estudiando, por tanto, los posibles riesgos existentes, ya sea de manera prevista o consecuencia de un mal uso previsible. El objeto es la elaboración de un análisis de riesgo, según la normativa UNE EN 1497:2012 sobre la *aplicación de la gestión de riesgos a productos sanitarios*, para la silla de traslado AMELIA con el fin de obtener el marcado CE.

Se realiza un informe internamente sobre los riesgos del producto, de modo que, una vez detectados y categorizados estos, se proponen soluciones para reducir su nivel medio, pudiendo proceder con el cambio de diseño para garantizar la seguridad, la utilización de etiquetado para alertar tanto al cuidador como al usuario e información sobre riesgos en el manual del usuario adjunto en la adquisición del producto.

La silla de transferencia incluirá el etiquetado adjunto indicando la no utilización del sistema de elevación de asiento en terrenos inclinados, la no utilización de la silla como asiento de un vehículo a motor y el riesgo existente de atrapamiento de prendas de ropa.



Imagen 60. Etiquetado de advertencia

Las ayudas técnicas deben eliminar o, al menos, disminuir, la diferencia social de los individuos que presentan alguna limitación sin causar un efecto negativo en su salud o seguridad, de lo contrario, la ayuda técnica dejaría de cumplir su función puesto que no aportaría beneficio a sus usuarios, sino que, además, su uso podría ser peligroso.

En concreto, una silla de ruedas debe cumplir con los requisitos establecidos en las Normas ISO 7176, con equivalencia parcial en España con las Normas UNE – EN 111914 sobre sillas de ruedas y la UNE – EN 12184, en las que se establece una serie de criterios que deben cumplir las sillas de ruedas para ser seguras, así como aquellos ensayos que lo certifican.

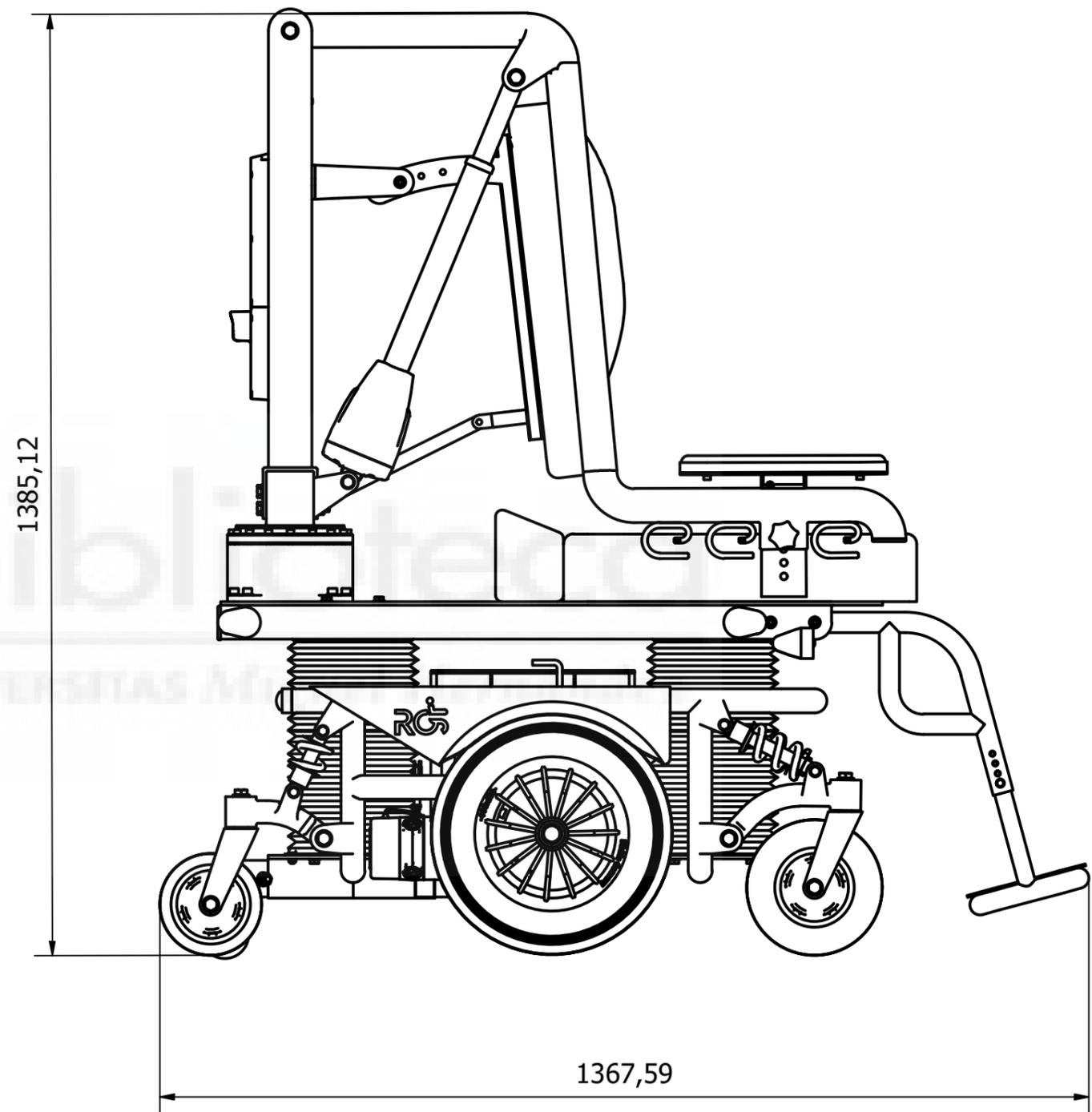
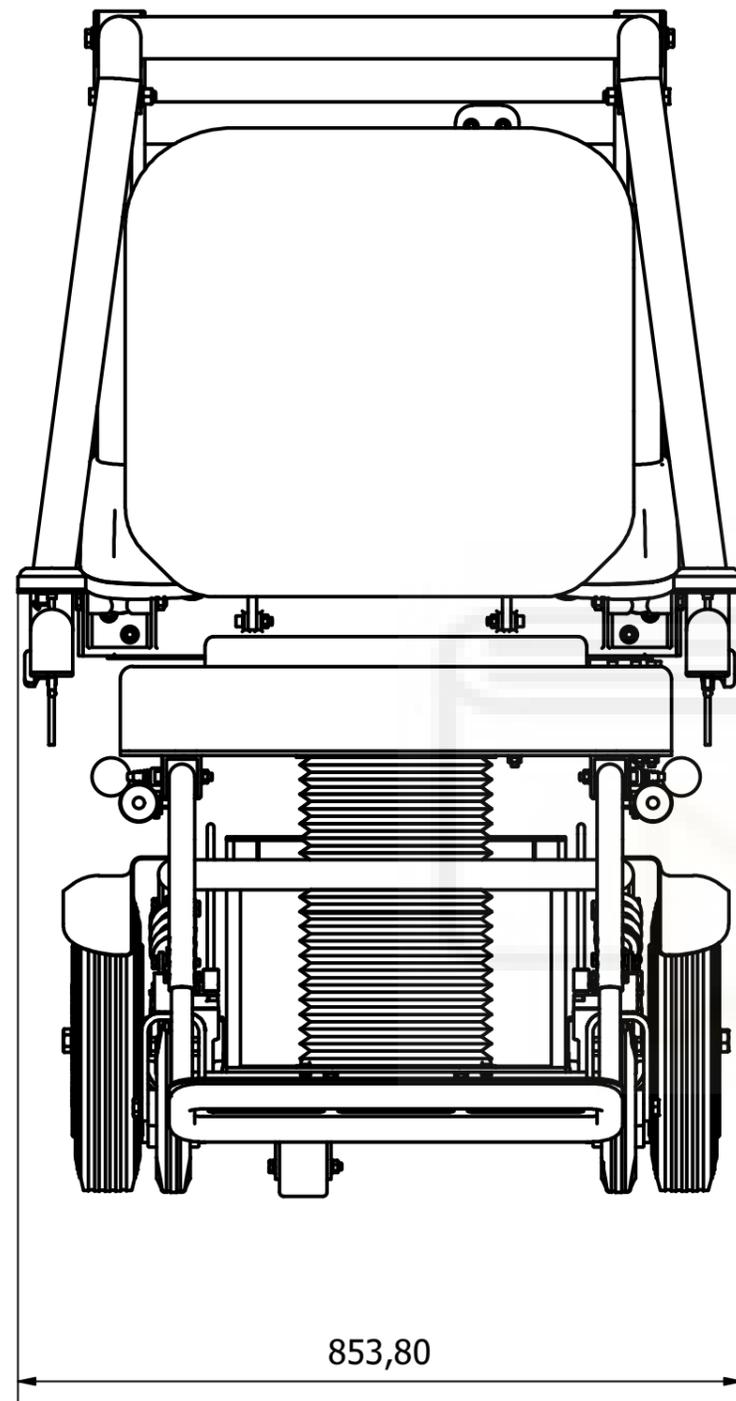
Asimismo, al ser un producto que combina las ventajas tanto de una silla de ruedas eléctrica como de una grúa de traslado, se tendrá en consideración también el certificado ISO 10535 sobre grúas de traslado para personas con discapacidad, requisitos y métodos de ensayo.

En relación con la seguridad laboral en el proceso completo de fabricación, se tendrá en consideración la Ley 31/1992, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales BOE nº 269, de 10 de noviembre, así como el Real Decreto 39/1997 sobre servicios de prevención de riesgos laborales.

II PLANOS

1. Dimensiones totales del producto final	101
2. Plano de componentes 1	102
3. Plano de componentes 2	103
4. Plano de subconjuntos	104





PROYECTO: SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA DE TRANSFERENCIA AUTOMATIZADA PARA USUARIOS BARIÁTRICOS DEPENDIENTES DE HASTA 200KG

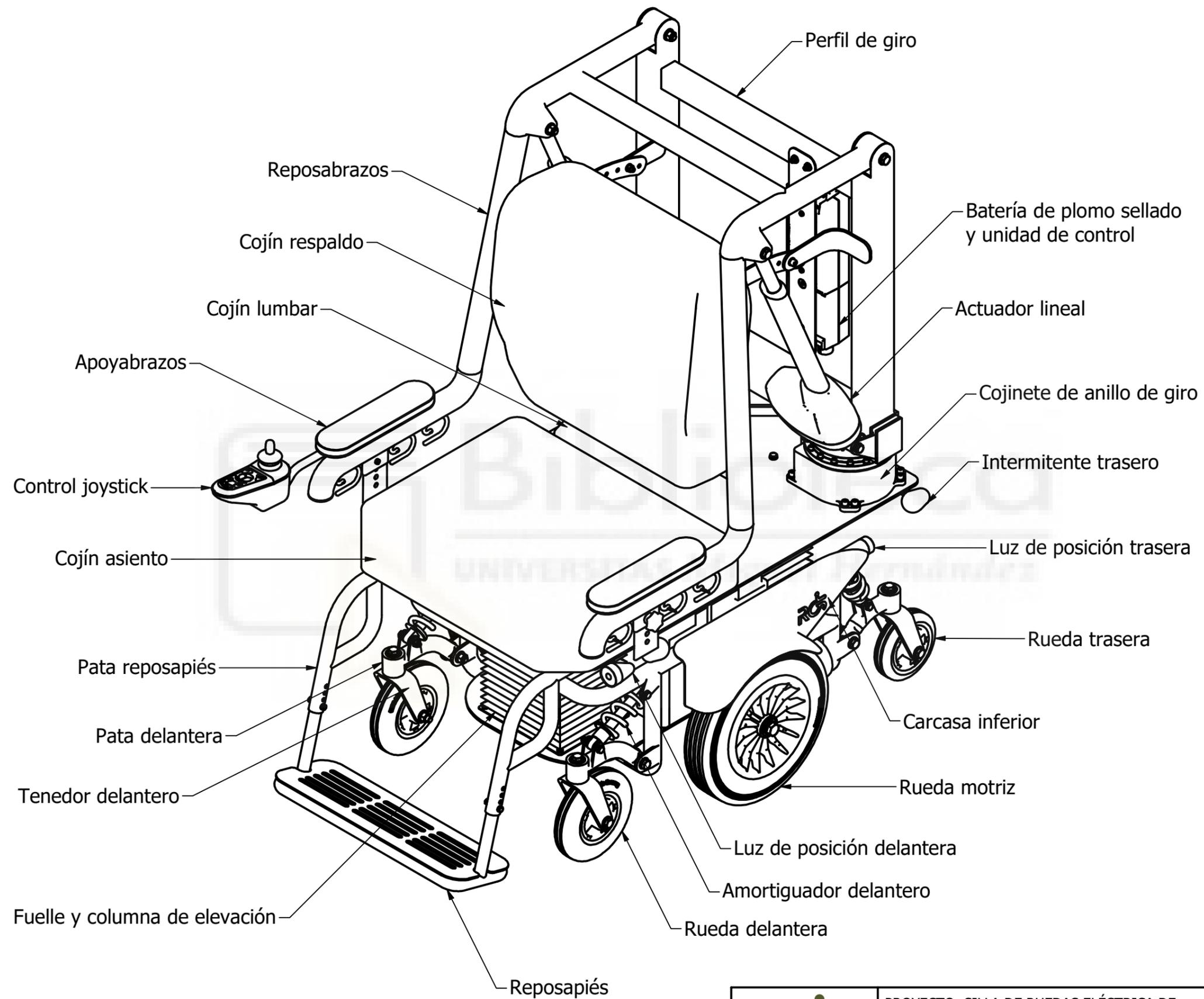
DESCRIPCIÓN:
DIMENSIONES TOTALES DEL PRODUCTO FINAL

FECHA ELCHE, JUNIO 2021

ESCALA 0,14:1

PLANO 1 DE 4

INGENIERO Cristina Níguez Llopis



PROYECTO: SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA DE TRANSFERENCIA AUTOMATIZADA PARA USUARIOS BARIÁTRICOS DEPENDIENTES DE HASTA 200KG

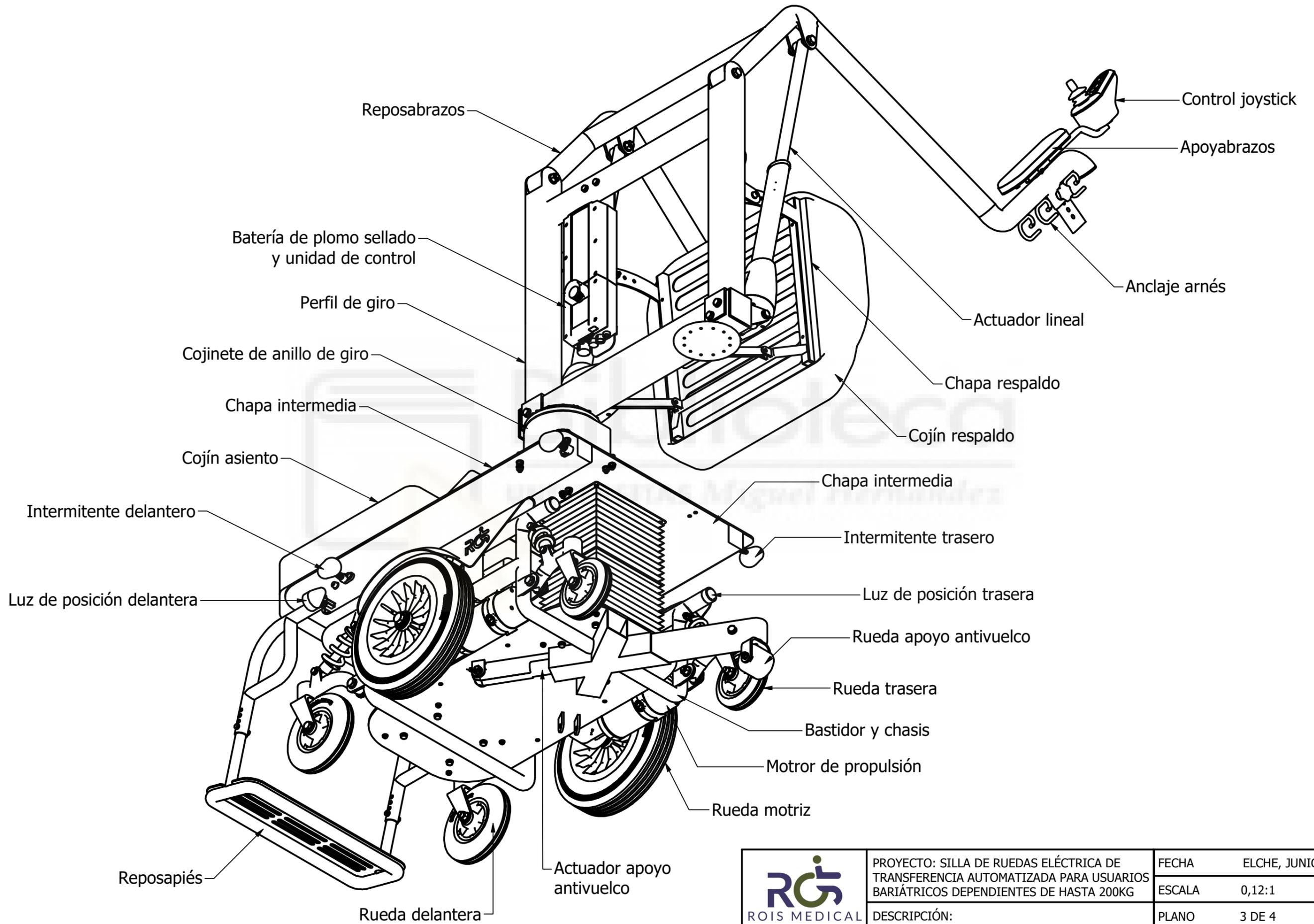
DESCRIPCIÓN:
PLANO DE COMPONENTES 1

FECHA ELCHE, JUNIO 2021

ESCALA 0,12:1

PLANO 2 DE 4

INGENIERO Cristina Níguez Llopis



PROYECTO: SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA DE TRANSFERENCIA AUTOMATIZADA PARA USUARIOS BARIÁTRICOS DEPENDIENTES DE HASTA 200KG

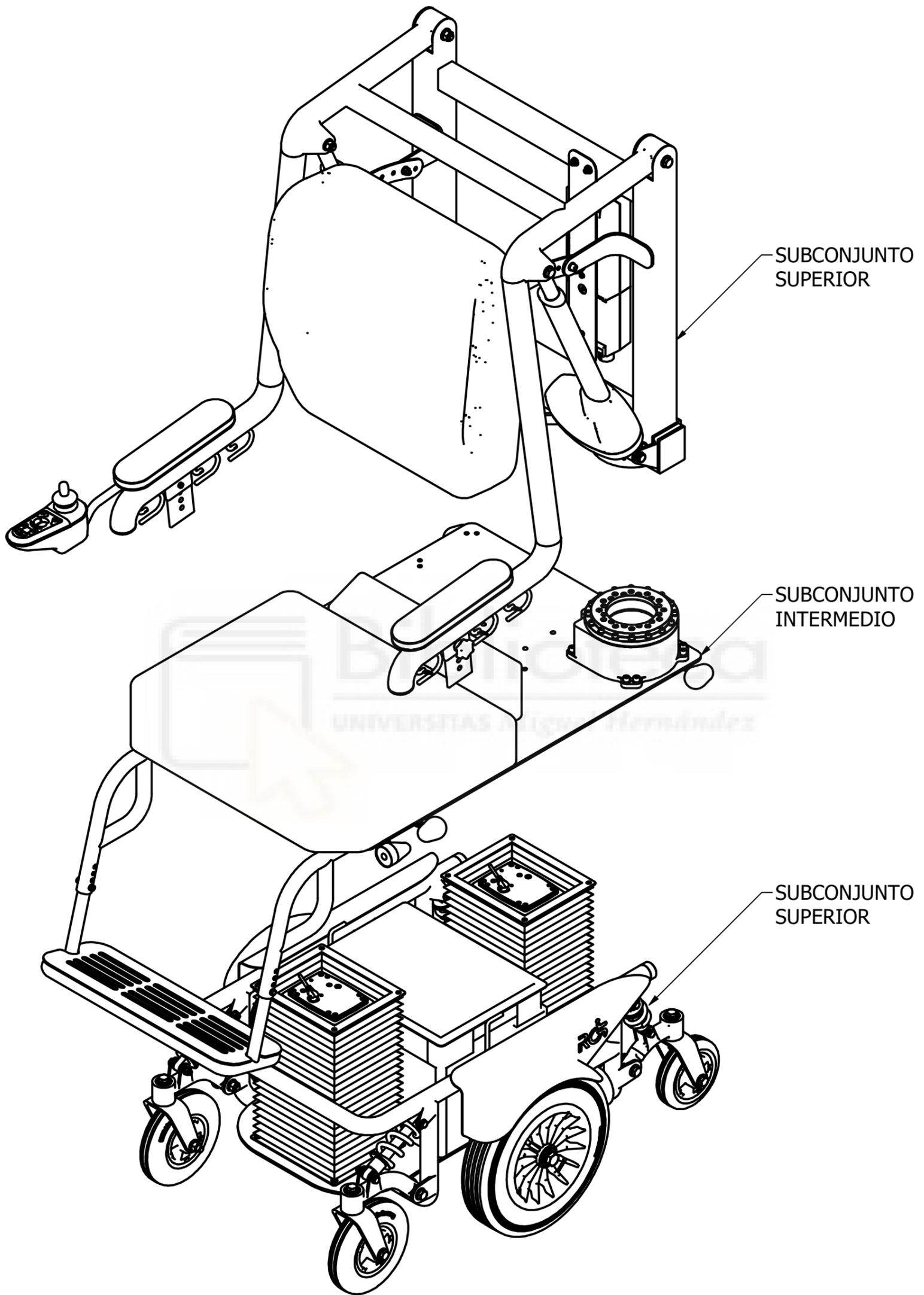
DESCRIPCIÓN:
PLANO DE COMPONENTES 2

FECHA ELCHE, JUNIO 2021

ESCALA 0,12:1

PLANO 3 DE 4

INGENIERO Cristina Níguez Llopis



PROYECTO: SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA DE TRANSFERENCIA AUTOMATIZADA PARA USUARIOS BARIÁTRICOS DEPENDIENTES DE HASTA 200KG

DESCRIPCIÓN:
PLANO DE SUBCONJUNTOS

FECHA	ELCHE, JUNIO 2021
ESCALA	0,12:1
PLANO	4 DE 4
INGENIERO	Cristina Níguez Llopis

III PLIEGO DE CONDICIONES

1. Especificaciones facultativas	106
2. Pliego de condiciones generales	107
3. Especificaciones de materiales y equipos	110
4. Especificaciones de ejecución	111
5. Pliego de condiciones económicas	114



1. ESPECIFICACIONES FACULTATIVAS

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la producción son aquellas reguladas por la legislación vigente. Se definen como agentes de la producción todas las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la producción, estando sus obligaciones determinadas tanto por la legislación vigente y demás disposiciones que sean de aplicación, como por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes intervinientes se recogen de acuerdo a la legislación como:

- Promotor: persona física o jurídica, pública o privada, que individual o de forma colectiva decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, los proyectos de producción para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título. Asume la iniciativa del proceso de producto, impulsando el trámite necesario para llevar a cabo el producto inicialmente proyectado y se hace cargo de todos los costes necesarios.
- Proyectista: es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la norma técnica correspondiente, redacta el proyecto. Podrán redactar proyectos parciales o partes que lo complementen otros técnicos, de forma coordinada con el autor de este. Cuando el proyecto se desarrolle o complete por medio de varios proyectos parciales o documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la L.O.E., cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.
- Contratista: agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, los productos o parte del mismo con sujeción al proyecto y al contrato de producción.
- Director de producción: agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, dirige el desarrollo de la producción en los aspectos técnicos, estéticos y medio ambientales, de conformidad con el proyecto, la licencia de producción y demás autorizaciones preceptivas, así como las condiciones del contrato, con el objetivo de asegurar su adecuación al fin propuesto.
- Director de la Ejecución de la Proyección: agente perteneciente a la Dirección que asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Producción y de controlar tanto cualitativa como cuantitativamente la producción y la calidad

de lo fabricado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el Ingeniero, procediendo a solicitar al mismo, con antelación al inicio de la producción, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución del mismo.

- Las entidades y los laboratorios de control de calidad en la producción: entidades de control de calidad de la producción capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la producción y sus instalaciones de acuerdo tanto con el proyecto como con la normativa aplicable.
- Suministradores de productos: se consideran como tal a fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de aquellos productos necesarios para la fabricación del producto proyectado.

2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

La finalidad del actual pliego es la determinación de las pautas de vinculación entre los participantes en la fabricación del producto y de soporte para elaborar el contrato de la producción entre promotor y contratista, siendo el Director de Producción autorizado por Rois Medical S.L. responsable de facilitar la documentación necesaria para realizar dicho contrato, el cual incluirá:

- comunicación de la adjudicación;
- copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de haber sido esta exigida);
- cláusula en la que se especifica que el contratista está obligado al cumplimiento del contrato de la producción conforme a lo previsto en el pliego de condiciones, la memoria y sus anejos, los presupuestos, los planos y todos los documentos que ayuden a la fabricación del producto definido en el proyecto.

El contratista dará la conformidad con la firma de los siguientes documentos: pliego de condiciones, planos y presupuesto general, realizándose antes de la formalización del contrato de producción. Cuando se produzcan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a realizar la discusión de las cuestiones derivadas del contrato a los Tribunales Administrativos y Autoridades según la legislación vigente, renunciando así al derecho

común fuera de su domicilio siendo competente realizarlo donde estuviese ubicada la producción.

El contratista es responsable de la ejecución de la producción en las condiciones que se establecen en el contrato y en los documentos que componen el proyecto. Por lo tanto, queda obligado al desguace y reparación de las unidades de producción con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la producción durante las visitas, ni que se hayan abonado en liquidaciones parciales.

El presente pliego debe contener toda información necesaria para realizar el proyecto de acuerdo con la descripción y características de los materiales utilizados, los planos de fabricación y las condiciones generales del trabajo, así como el programa de control de la calidad del producto y las licencias y autorizaciones administrativas.

El producto a fabricar se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las referidas a la calidad de componentes, la toxicidad de materiales y la homologación, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las ordenanzas, normas y planteamiento vigente:

- Directiva de Nuevo Enfoque 93/42/CE, de 14 de junio de 1993, sobre productos sanitarios;
- Real Decreto 1591/2009, de 16 de octubre, por el que se regula la producción de los productos sanitarios (se transpone la Directiva 93/42/CE);
- UNE – EN ISO 9999:2012 sobre clasificación y terminología de los productos de apoyo a personas con discapacidad;
- UNE 111915:1991 sobre las dimensiones totales máximas de las sillas de ruedas;
- UNE – EN 12184:2014 referida a los requisitos y métodos de ensayo de las sillas de rueda con motor eléctrico, scooters y sus cargadores.

Asimismo, es de obligado cumplimiento la Ley 31/1995, de 10 de noviembre, por la que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, incide sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la industria y fabricación de bienes.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad, según el Real Decreto 1621/91, el control y el seguimiento, durante la totalidad de la ejecución de la producción, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

Todos los accidentes ocasionados por inexperiencias o descuido, en la ubicación de la producción y/o en zonas contiguas, serán responsabilidad del contratista, correrán a cuenta suya las indemnizaciones pertinentes por los daños y perjuicios ocasionados a la producción del producto. Del mismo modo, será responsable el contratista de los daños y perjuicios directos o indirectos que puedan ocasionar a terceros, de los realizados por negligencia del personal a su cargo, o de subcontratistas participantes en la producción. Es responsabilidad suya mantener durante la ejecución de la producción, una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad a todo riesgo, firmando una aseguradora con suficiente solvencia para cubrir los trabajos contratados y siendo requerida la aprobación del promotor.

Se detallará en el contrato la responsabilidad que tiene el contratista por el retraso en el vencimiento de la producción total o parcial, o indeficiente o falta de suministro.

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato:

- muerte o incapacitación del contratista;
- quiebra del contratista;
- las alteraciones del contrato por las siguientes causas:
 - a) Modificaciones de proyecto que, a juicio del Director de Producción, suponen alteraciones fundamentales, así como si varía el presupuesto, consecuencia de esta modificación, y presenta una desviación mayor al 20%.
 - b) Modificaciones de unidades de producción, cuando representen variaciones en más o menos del 40% del proyecto inicial o más de un 50% de unidades de producción del proyecto modificado.
- suspensión de la producción comenzada, siempre que este plazo supere un año, y siempre por causa externa al contratista no se comience dentro de los tres meses siguientes a partir de la adjudicación, devolviendo automáticamente la fianza;
- que el contratista no comience los trabajos dentro de la fecha especificada según el contrato;
- por descuido o mala fe se incumplan las condiciones del contrato con perjuicio;

- vencimiento del plazo de ejecución de la producción; abandono de la producción sin causa justificada.

En el siguiente pliego de condiciones y la documentación complementaria, se regula la relación entre promotor y contratista, dando a conocer la prestación de un servicio al promotor por parte del contratista mediante la ejecución de la producción. Este servicio será de buena fe entre ambas partes del contrato, haciendo un beneficio y no un perjuicio de esta colaboración.

3. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS

Los componentes y elementos que han sido implementados en el proyecto se dividen según sean de procedencia comercial, personalizados o mecanizados:

- Comerciales: producto estándar de fabricación a mediana o gran escala que presta múltiples y diversas opciones de utilización debido a la adaptabilidad del mismo. Permite abaratar el producto final, ya que una pieza estándar es más económica y accesible que aquella fabricada a medida.
- Personalizados: referidos a aquellos en los que, empresas específicas del sector, a partir de una base personalizan el producto bien en su medida, composición, etc.
- Mecanizados: hace referencia a productos concretos hechos totalmente a medida, adaptados a un producto final determinado. Para la conformación de las piezas de acero se emplean:

- a) perfiles de acero laminado en frío, sección hueca circular, rectangular o cuadrada y superficie lisa. Previo a su utilización se examinará su estado, teniendo que estar limpios y libres de sustancias extrañas que perjudiquen sus propiedades, así como no presentarán defecto alguno en la superficie ni grietas. Cada perfil de acero debe llegar etiquetado correctamente con el fabricante y la designación del material.

Los perfiles huecos de acero cumplen las condiciones prescritas en la normativa UNE – EN – 10219 – 2:2007 *propiedades, dimensiones y tolerancias de sección de perfiles huecos para construcción soldados, conformados en frío de acero no aleado y de grano fino.*

Durante el transporte y almacenamiento, los perfiles de acero deberán protegerse de la lluvia, la humedad del suelo y la atmósfera ambiente.

- b) Tubos de precisión de acero laminado en frío, sección rectangular, cuadrada o circular hueca. Previo a su empleo deberán estar limpios y libres de sustancias extrañas, así como de imperfecciones y grietas. Cumplen con la norma EN 10305 – 3: 2001 referida a *tubos de acero para aplicaciones de precisión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 3: tubos soldados calibrados en frío.*

Durante el transporte y almacenamiento, los tubos de precisión deben protegerse de la lluvia, la humedad del suelo y la atmósfera ambiente.

- c) Chapa de acero de diversos espesores que, previo a su utilización y, sobre todo, tras un largo almacenaje, deberá presentar una superficie limpia y libre de sustancias extrañas y materiales que perjudiquen sus propiedades, además de no presentar defectos superficiales ni grietas. El material vendrá correctamente etiquetado con la designación del material y la marca del fabricante.

Las chapas de acero cumplen las condiciones prescritas en la norma UNE 35669:1992 sobre *chapas de acero laminadas en caliente, de espesor igual o superior a 3mm. Tolerancias dimensionales sobre la forma y sobre la masa.* Así como la norma UNE 36560:1992 referida a *bandas laminadas en caliente, de acero no aleado suministradas en forma de chapa cortada, bobina, banda o fleje cortado longitudinal. Tolerancias, dimensiones y sobre la forma.*

Durante el transporte y almacenamiento, los tubos de precisión deben protegerse de la lluvia, la humedad del suelo y la atmósfera ambiente.

4. ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN

La producción comenzará, por orden del contratista, de acuerdo a lo especificado en el contrato, desarrollándose de correctamente para que dentro de los periodos parciales señalados se realicen los trabajos, así como que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo firmado en el contrato.

Tendrá el contratista la potestad para priorizar el orden de realización de los trabajos, salvo en los casos que, por circunstancias de naturaleza técnica, se considere oportuna su modificación.

Según lo requiera la Dirección Facultativa, el contratista dará todas las comodidades para los trabajos realizados por los subcontratistas encomendados, así como para otros contratistas que intervengan en la producción del producto. En caso de litigio, todos se someterán a la decisión de la Dirección Facultativa.

Cuando se precise ampliar el proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor, no se interrumpirán los trabajos, estos continuarán según las indicaciones que proporcione la Dirección Facultativa mientras se enuncia o tramita el proyecto modificado.

Las instrucciones, reseñas y aclaraciones para la correcta interpretación y ejecución del producto proyectado podrán ser requeridas por el contratista tanto al Director de la Ejecución de la Producción como al Director de la Producción.

Cuando se precise aclarar, interpretar o modificar instrucciones tanto de los pliegos de condiciones así como de cualquier otro documento del proyecto, se comunicarán por escrito necesariamente al contratista, quedando este obligado a devolver los originales o las copias firmadas al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones para hacer ver su conocimiento al Director de la Ejecución de la Producción y al Director de Producción.

El contratista podrá efectuar cualquier reclamación que considere oportuna contra las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa y deberá ser emitida en un plazo de tres días a quien la hubiera expedido, quien dará el siguiente recibo si lo requiere.

Si no se pudiera comenzar la producción, hubiese que anularla o no fuera posible su finalización en los plazos estipulados, por causa ajena a la voluntad del contratista o de fuerza mayor, se concederá, previo informe favorable del Director de la Producción, una prórroga para su cumplimiento. Para que esto suceda, el contratista alegará por escrito al Director de Producción la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso originado en los plazos acordados, razonando el origen por el que solicita dicha prórroga.

No podrá excusarse el contratista de no haber cumplido los plazos estipulados por la falta de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, exceptuando si lo ha solicitado por escrito y no se le hubiera facilitado.

El contratista deberá emplear materiales que cumplan los requisitos precisados en el proyecto y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados según estipulado. Si el

Director de Ejecución de la Producción avista defectos en los trabajos realizados o que los materiales, aparatos y/o equipos empleados no reúnen las condiciones normalizadas, ya sea durante la ejecución de los trabajos o una vez finalizados antes de la recepción de la producción, podrá determinar que las partes defectuosas sean reemplazadas según lo contratado, a expensas del contratista. Si este no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, será el Director de la Producción quien medie para resolver el conflicto.

El contratista tiene la libertad de abastecerse de los equipos, aparatos y materiales que considera precisos y beneficiosos para sus intereses, excepto en los casos en los que se indique una procedencia y características especificadas en el proyecto. El contratista tiene la obligación de presentar al Director de Ejecución de la Producción, previo a su empleo, almacenamiento y puesta en producción, un listado completo de los materiales, aparatos y equipos que vayan a utilizarse, en el que se pormenoricen las especificaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia y aptitud de cada uno de ellos.

Si los materiales, aparatos, equipos, componentes y elementos de las instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas descritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de disposiciones formales, se demostrara que no son los adecuados para su fin, el Director de la Producción, a petición del Director de Ejecución de la Producción, dará la ordenanza al contratista de suplirlos por otros que sí cumplan las indicaciones o sean los adecuados al fin que se destinen.

Todos los gastos derivados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que participan en la ejecución de la producción correrán a cargo y cuenta del contratista. Así pues, correrá a cargo del contratista todo aquel ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del contratista o que no ofrezca las suficientes garantías. Se podrán comenzar de nuevo o realizar nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cuenta del contratista y con su correspondiente penalización, así como obras adicionales que pudieran dar lugar a cualquiera de las hipótesis antes citadas.

Es obligación del contratista mantener la higiene de las instalaciones donde se realiza la producción y sus alrededores de materiales residuales y retirar aquellas instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para la instalación presente buen aspecto.

5. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS

Las condiciones económicas establecen el cuadro de relaciones económicas para el pago y recepción de la producción. Tienen un carácter dependiente respecto al contrato de la producción, fijado entre el promotor y el contratista, que es, en definitiva, el que tiene validez. Es conveniente que el contrato de producción se firme antes de iniciarse la producción, facilitando una copia del contrato de producción de la Dirección Facultativa (Director de Producción y Dirección de Ejecución de la Producción) para garantizar los objetivos pactados.

El contrato de la producción debe prevenir interpretaciones y disconformidades que pudieren manifestarse entre las partes, además de asegurar que la Dirección Facultativa pueda coordinar, dirigir y controlar la producción. Siendo oportuno que se especifiquen y determinen, con claridad, como mínimo los siguientes puntos:

- documentos que proporcionar por el contratista;
- responsabilidades y obligaciones del contratista, legislación laboral;
- responsabilidades y obligaciones del promotor;
- presupuesto del contratista;
- forma de pago, certificaciones;
- retenciones en conceptos de garantía (nunca menos del 5%);
- plazos de ejecución (planning);
- penalizaciones, por retrasos de la producción.

El presente pliego de condiciones económicas es un complemento del contrato de producción, que puede ser empleado como soporte para la composición del contrato de producción, en el caso de que no exista. Será la Dirección Facultativa la que proporcione el pliego de condiciones económicas a las partes.

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de producción:

- Ejecución de trabajos con cargo de fianza: si el contratista se rehúsa a hacer por su cuenta los trabajos precisos para finalizar la producción del producto según las condiciones pactadas, el Director de Producción, en representación del Promotor,

mandará efectuar a un tercero, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones que tenga derecho el promotor.

- Devolución de las fianzas: la fianza será devuelta al contratista una vez finalizada la producción en del plazo estipulado en el contrato de producción. El promotor podrá requerir que el contratista justifique la liquidación y finiquito de sus deudas ocasionadas por la realización de la producción, tales como salarios, suministros y subcontratos.

El objetivo principal de la ejecución del presupuesto es anticipar el coste del proceso de fabricación del producto, descomponiendo el presupuesto en unidades de producto y basándose en esos precios.

- Precio básico: es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto para el producto (incluido su transporte, embalaje, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.
- Precio unitario: es el precio de una unidad de producto que se obtiene como suma de los siguientes costes:
 - a) Costes directos: sumatorio del producto del precio básico por la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de producto.
 - b) Costes auxiliares: calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de producto y son de difícil cuantificación y diferentes para cada unidad de producto.
 - c) Costes indirectos: aplicados como un porcentaje del sumatorio de los costes directos y medios auxiliares, elaborado igualmente para cada unidad de producto debido a que representan los costes de los factores necesarios para la producción del producto que no se corresponde con ninguna unidad de producto en concreto.
- Presupuesto de ejecución material (PEM): es el resultado de los precios unitarios de las diferencias unidades de producto que la componen, es decir, el coste de la producción sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

- Revisión de los precios contratados: el presupuesto presentado por el contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios, solo se efectuará revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de producción entre el promotor y el contratista.

Respecto a la valoración y abono de los trabajos:

- Formas y plazos de abono de la producción: será realizado por certificaciones de producción y se recogerán las condiciones del contrato de producción establecido entre las partes que intervienen (promotor y contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.
- Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía: ejecutada la recepción provisional y, si durante el periodo de garantía efectuados trabajos cualesquiera para su abono, se procederá de la siguiente forma:
 - a) Si los trabajos que se efectúen estuviesen especificados en el proyecto y, sin motivo justificado, no se hubieran producido por el contratista en su debido momento, y el Director de Producción requiriese de su producción durante el plazo de garantía, serán valorados los precios que aparecen en el presupuesto y abonados conforme a lo establecido en el presente pliego de condiciones, sin estar obligados a revisión de precios.
 - b) Si se han efectuado trabajos para la reparación de deficiencias en la producción de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista.

Deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales, en el contrato de la producción. Además, sería idóneo adjuntar en tal contrato un planning de la ejecución de la producción para describir de forma gráfica y precisa la duración de las partidas de producto que deberán conformar las partes contratantes.



IV PRESUPUESTO

1. Mediciones	118
2. Precios unitarios	120
3. Presupuesto	121



1. MEDICIONES

La medición consiste en la determinación de las cantidades de las unidades de obra, en el actual proyecto, se establecerá el costo para la fabricación inicial de una única silla de ruedas referida al prototipo.

Se designan anteponiendo la letra I aquellos componentes de fabricación contenidos en el subensamblaje inferior, M para los que pertenecen al intermedio y S al superior. Asimismo, aquellos componentes normalizados como tuercas, arandelas, rodamientos y tornillos serán designados mediante la utilización de la letra N antepuesta.

HOJA DE MEDICIONES					IMPORTE DE MATERIALES	
COMPONENTES: silla de transferencia AMELIA		N° CONJUNTOS: 1			Coste unitario	Importe
Designación	Descripción	Material	Cant.	Origen		
I- 01	Bastidor y chasis	Acero	1	Fabricación exclusiva	134,87	134,87
I- 02	Pata delantera dcha.	Acero	1	Fabricación exclusiva	22,43	22,43
I- 03	Pata delantera izda.	Acero	1	Fabricación exclusiva	22,43	22,43
I- 04	Tenedor delantero	Acero	2	Fabricación exclusiva	11,77	23,54
I- 05	Tenedor trasero	Acero	2	Fabricación exclusiva	11,77	23,54
I- 06	Rueda delantera	Varios	2	Venta directa	7,82	15,64
I- 07	Rueda motriz	Varios	2	Venta directa	7,82	15,64
I- 08	Rueda trasera	Varios	2	Venta directa	25,95	51,90
I- 09	Motor izdo.	Varios	1	Venta directa	294,25	294,25
I- 10	Motor dcho.	Varios	1	Venta directa	294,25	294,25
I- 11	Amortiguador delantero	Varios	2	Venta directa	4,23	8,46
I- 12	Amortiguador motriz	Varios	2	Venta directa	4,23	8,46
I- 13	Amortiguador trasero	Varios	2	Venta directa	4,23	8,46
I- 14	Sujeción motor izdo.	Acero	1	Fabricación exclusiva	7,86	7,86
I- 15	Sujeción motor dcho.	Acero	1	Fabricación exclusiva	7,86	7,86
I- 16	Fuelle	PVC	2	Modificado	65,33	130,66
I- 17	Caja baterías	Polietileno de alta densidad	1	Venta directa	25,00	25,00
I- 18	Tapa caja baterías	Polietileno de alta densidad	1	Venta directa	7,00	7,00
I- 19	Columna elevadora	Varios	2	Venta directa	295,95	591,90
I- 20	Baterías de gel	Varios	2	Venta directa	125,87	251,74
I- 21	Luces Spark	Varios	2	Venta directa	14,99	29,98
I- 22	Carcasa izda.	Fibra de vidrio	1	Personalizado	75,00	75,00

I.- 23	Carcasa dcha.	Fibra de vidrio	1	Personalizado	75,00	75,00
M.- 01	Soporte intermedio	Acero	1	Fabricación exclusiva	67,95	67,95
M.- 02	Cojinete de anillo de giro	Aluminio	1	Venta directa	327,84	327,84
M.- 03	Intermitentes	Varios	4	Venta directa	3,99	15,96
M.- 04	Luces Halley	Varios	2	Venta directa	17,99	35,98
M.- 05	Patas reposapiés	Acero	2	Fabricación exclusiva	13,46	26,92
M.- 06	Reposapiés	Acero	1	Fabricación exclusiva	27,84	27,84
M.- 07	Cojín asiento	Varios	1	Modificado	125,95	125,95
M.- 08	Cojín lumbar	Varios	1	Modificado	77,65	77,65
S.- 01	Perfil de giro	Acero	1	Fabricación exclusiva	98,45	98,45
S.- 02	Reposabrazos	Acero	1	Fabricación exclusiva	88,46	88,46
S.- 03	Actuador lineal	Varios	2	Venta directa	187,99	375,98
S.- 04	Chapa respaldo	Acero	1	Fabricación exclusiva	23,12	23,12
S.- 05	Chapa apoyabrazos dcha.	Acero	1	Fabricación exclusiva	18,65	18,65
S.- 06	Chapa apoyabrazos izda.	Acero	1	Fabricación exclusiva	17,45	17,45
S.- 07	Joystick	Varios	1	Venta directa	202,16	202,16
S.- 08	Cojín respaldo	Varios	1	Personalizado	150,65	150,65
S.- 09	Unidad de mando actuadores	Varios	1	Venta directa	115,35	115,35
S.- 10	Batería y caja de control	Varios	1	Venta directa	178,99	178,99
N.- 01	ISO 7089 12	Acero inoxidable	24	Normalizado	0,01	0,24
N.- 02	ISO 4014 M12x90	Acero inoxidable	6	Normalizado	0,02	0,12
N.- 03	ISO 4032 M12	Acero inoxidable	12	Normalizado	0,02	0,24
N.- 04	ISO 4014 M12x70	Acero inoxidable	6	Normalizado	0,02	0,12
N.- 05	ISO 4014 M8x45	Acero inoxidable	10	Normalizado	0,01	0,10
N.- 06	ISO 7989 8	Acero inoxidable	60	Normalizado	0,01	0,60
N.- 07	ISO 4032 M8	Acero inoxidable	14	Normalizado	0,01	0,14
N.- 08	ISO 4014 M8x50	Acero inoxidable	2	Normalizado	0,01	0,02
N.- 09	ISO 4032 M8	Acero inoxidable	16	Normalizado	0,01	0,16
N.- 10	ISO 4014 M12x55	Acero inoxidable	4	Normalizado	0,02	0,08
N.- 11	ISO 7089 6	Acero inoxidable	58	Normalizado	0,01	0,58
N.- 12	ISO 4762 M6x16	Acero inoxidable	16	Normalizado	0,01	0,16
N.- 13	ISO 4032 M6	Acero inoxidable	24	Normalizado	0,01	0,24
N.- 14	ISO 4762 M6x20	Acero inoxidable	10	Normalizado	0,01	0,10
N.- 15	ISO 4014 M6x50	Acero inoxidable	8	Normalizado	0,01	0,08
N.- 16	ISO 4762 M6x20	Acero inoxidable	4	Normalizado	0,01	0,04
N.- 17	ISO 4762 M8x69	Acero inoxidable	4	Normalizado	0,01	0,04
N.- 18	ISO 4762 M8x40	Acero inoxidable	2	Normalizado	0,01	0,02
N.- 19	ISO 4762 M8x30	Acero inoxidable	8	Normalizado	0,01	0,08
N.- 20	ISO 4014 M10x100	Acero inoxidable	6	Normalizado	0,02	0,12

N.- 21	ISO 7098 10	Acero inoxidable	12	Normalizado	0,01	0,12
N.- 22	ISO 4032 M10	Acero inoxidable	6	Normalizado	0,02	0,12
N.- 23	ISO 4014 M12x80	Acero inoxidable	2	Normalizado	0,02	0,04
N.- 24	ISO 4762 M8x25	Acero inoxidable	2	Normalizado	0,01	0,02
N.- 25	ISO 4014 M8x55	Acero inoxidable	2	Normalizado	0,01	0,02
N.- 26	ISO 4762 M5x10	Acero inoxidable	3	Normalizado	0,01	0,03
N.- 27	ISO 7089 5	Acero inoxidable	6	Normalizado	0,01	0,06
N.- 28	ISO 4035 M5	Acero inoxidable	3	Normalizado	0,01	0,03
N.- 29	Pomo de apriete M10x15mm	Termoplástico y acero inoxidable	2	Normalizado	3,94	7,88
N.- 30	Rodamiento DIN 628 R1 7201B 12x32x10	Acero	8	Normalizado	8,11	64,88

Tabla 31. Hoja de mediciones con coste en euros (€)

2. PRECIOS UNITARIOS

El importe unitario y total, de acuerdo con la cantidad de cada uno de los materiales que va a ser utilizada para la fabricación del producto, se adjunta en la *tabla 30. Hoja de mediciones*, suponiendo un importe total la obtención de los componentes de 4.177,70 € (cuatro mil ciento setenta y siete euros con setenta céntimos).

Por otro lado, se realiza también el coste de la mano de obra de acuerdo al diagrama de Gantt del proceso de fabricación de la tabla 27, según el cual, la fabricación tiene una duración de cuatro semanas intermitentes, es decir, dependen de la llegada y recepción de los materiales. Por lo tanto, sin considerar fines de semana (sábados y domingos), los días reales de fabricación son 20 días.

Se establecen de forma mensual para cada sector industrial o empresa con convenio colectivo propio, en el proyecto actual será considerado el *convenio colectivo para la industria siderometalúrgica de Elche y provincia*, de modo que las horas efectivas son 601,60 horas, 7,52 horas trabajadas por día.

El salario al día se compone de dos sumandos: el salario base al día ($S_{b\text{día}}$) y plus al día ($P_{\text{día}}$) establecidos por cada categoría profesional.

CONCEPTO	Oferta 1	Oferta 2	Oferta 3
Salario por horas (S)	10,40 €	9,70 €	9,10 €
Salario día ($S_{\text{día}}$)	78,21 €	72,94 €	68,43 €
Salario mensual (S_{mes})	1.564,16 €	1.458,88 €	1.368,64 €

Tabla 32. Coste mano de obra

3. PRESUPUESTO

En este capítulo se procede con una estimación económica de los costes que implica la fabricación del prototipo de la silla de transferencia AMELIA desarrollada en el actual proyecto. El presupuesto será elaborado de acuerdo a la norma UNE 157001 referida a los *criterios generales para la elaboración de proyectos*, parte 10, *estado de mediciones* y parte 11, *presupuesto*.

El coste total de la fabricación es de 5.741,86 € (cinco mil setecientos cuarenta y un euros con ochenta y seis céntimos).

HOJA DE COSTO DE FABRICACIÓN			
COMPONENTES: silla de transferencia AMELIA		Nº CONJUNTOS: 1	
		Cantidad	Importe total (€)
Fabricación exclusiva		15	611,37
Comerciales	Modificados	7	634,91
	Venta directa	34	2.854,94
	Normalizados	340	76,48
Mano de obra directa		-	1.564,16
		TOTAL	5.741,86

Tabla 33. Presupuesto general

V CONCLUSIONES

El presente proyecto consta de diseño, cálculos, simulaciones, planos, planificación de fabricación, presupuesto y documentación complementaria de utilidad. A partir de las necesidades detectadas en el mercado respecto a usuarios bariátricos con limitaciones de movilidad, así como respecto a la normativa vigente referida a las ayudas técnicas para personas como movilidad reducida, se ha desarrollado, dimensionado y seleccionado los componentes y materiales aptos para la fabricación del producto final.

Un punto importante durante la etapa de diseño ha sido verificar el cumplimiento de las prestaciones de servicio previstas para el producto, así como garantizar la seguridad, comodidad y salud del usuario y la personas responsable de su cuidado.

Personalmente, ha supuesto un reto profesional afrontar el desafío de desarrollar un producto nuevo en el marco legal sanitario, ya que las ayudas técnicas, al ser productos de apoyo que permanecen directamente en contacto con las personas, están sometidas a rigurosos procesos de diseño, certificación, fabricación y comercialización. No obstante, es gratificante elaborar un proyecto cuyo producto a fabricar es con la firme propuesta de seguir mejorando la calidad de vida del mayor número de personas posibles, además de procurar que su importe sea lo más económicamente accesible, apostando por un alto compromiso social para que las familias más vulnerables puedan optar por productos de apoyo sanitarios de calidad.

Formar parte del grupo Rois Medical S.L. ha facilitado afrontar con solvencia todas las adversidades que han surgido por el camino, su experiencia, compromiso, inquietud y predisposición para mejorar y superarse diariamente ha sido fundamental para afrontar este proyecto con éxito. Es enriquecedor pertenecer a un equipo liderado con entusiasmo y pasión, con tanta experiencia en el sector y, sobre todo, con humildad, en un ambiente dinámico y multidisciplinario, porque aprender todos de todos ha sido fundamental, ya no solo en la elaboración del proyecto, sino para el crecimiento profesional y, ante todo, personal.

Es por ello que la realización de este proyecto no habría sido posible sin la confianza depositada en mi persona por parte de todo el equipo, hecho del que estaré eternamente agradecida, por ofrecerme mi primera experiencia laboral y profesional de calidad.

VI BIBLIOGRAFÍA

- [1] Robert L. Norton. *Diseño de máquinas. Un enfoque integrado*. Cuarta edición. Pearson Educación, México, 2011.
- [2] L. Tortosa, C. García, A. Page y A. Ferreras. *Ergonomía y discapacidad. Edición revisada y ampliada*. Valencia, Instituto de Biomecánica de Valencia, 1999.
- [3] Raque Poveda Puente. *Musa/IBV: método para la selección de ayudas técnicas bajo criterios de usabilidad*. Valencia, IBV, 2003.
- [4] Luis Cayo Pérez. *Ayudas técnicas y discapacidad*. CERMI, Comité Español de Representantes de Personas con Discapacidad. Edición: abril, 2005.
- [5] Organización Mundial de la Salud, *Obesidad y Sobrepeso*. Ginebra: Biblioteca virtual de la OMS, 2008.
- [6] Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. *Porcentaje de personas con obesidad, por sexo y según comunidad autónoma*. Año 2017.
- [7] Y. Rosales Ricardo. *Antropometría en el diagnóstico de pacientes obesos*. Dpto. de Cultura Física, Universidad de Ciencias Médicas de Holguín, Cuba, 2012.
- [8] Organización Mundial de la Salud y Banco Mundial. *Informe Mundial sobre la Discapacidad*. Malta, 2011.
- [9] Organización Médica Colegial de España (OMC) y Consejo General de Colegios Oficiales de Médicos. *Las personas con discapacidad mental son más propensas a padecer obesidad*. Madrid, 2 de junio de 2014.
- [10] Antonio Carmona Benjumea. *Datos antropométricos de la población laboral de España*. CNMP Sevilla, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [11] Observatorio, Accesibilidad y Vida Independiente, Confederación Española de Personas con Discapacidad Física y Orgánica (COCEMFE). *Breve historia de la accesibilidad universal*.
- [12] Statista Research Department. *Volumen del mercado de sillas de ruedas en el mundo 2010 y 2018 por región*. América del Norte, 29 de septiembre de 2015.
- [13] Estudio publicado en la Revista Española de Cardiología liderado por el Instituto Hospital del Mar de Investigaciones Médicas (IMIM) y médicos del Hospital del Mar. *El 80% de los hombres adultos del Estado presentará obesidad o sobrepeso el año 2030*. Barcelona, 2016.
- [14] Silla de ruedas eléctrica Forest 3+, www.vermeiren.es



[15] Silla de ruedas Storm 4 Max y grúa Birdie EVO XPLUS, www.invacare.es

[16] Silla de ruedas motorizada Neo XXL, www.bbiberia.es

