



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño conceptual de
dispositivo para la asistencia en el
ascenso y descenso de un
automóvil para una persona con
deficiencias motrices**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Luis Roberto Vargas Zambrano

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Adrián Espinosa Bautista

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., marzo, 2021





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria:

A mi madre, Alma Delia, por siempre estar conmigo, apoyándome, sosteniéndome, motivándome, haciéndome reír cuando la preocupación, el estrés y la angustia me consumen con sus locuras y sus incoherencias, defendiéndome y ayudándome a conseguir cada una de las metas que me proponga. A pesar de todo lo que hemos pasado y seguimos pasando, de nadie más he aprendido el significado de aguantar y seguir adelante sobre cualquier cosa y problema. Esto es más tuyo que mío, muchas gracias.

A mi hermana, Karen y mi sobrino Maximiliano, por todo su apoyo y motivación para ayudarme a levantarme y seguir con la carrera y con mis problemas cuando estaba a punto de tirar todo. A tu manera y a tu forma de ser las tengo muy presentes, gracias por ser mi hermana y por siempre estar conmigo pase lo que pase, de las personas que dejan huella en cualquier persona que conoce.

A mis abuelos, Reyna y Ángel, porque nada de lo que soy, de lo que tengo y lo que podre obtener lo pude hacer sin ustedes, sin su ayuda y sin su tremendo amor y cariño, como se los repito siempre, ni mil vidas me alcanzan para devolverles un poquito de lo grandísimo que me han dado, gracias por pensar en los demás antes que ustedes.

Agradecimientos:

A la UNAM, a la ENP 7 y a la Facultad de Ingeniería por ser mi segunda casa desde el 2012, por todo lo que me enseñaron, todo lo que viví, todo lo que sentí y por darme la mejor etapa de mi vida.

Al Dr. Adrián Espinosa, por el gran ser humano que es, por enseñarme un poco de todo lo que sabe, por su paciencia, ayuda y comprensión en este proyecto y los venideros. Gracias por el grandísimo apoyo y por la gran ayuda que me ha brindado este último año.

A mis amigos, por volver más sencilla y graciosa la carrera, por todas las risas y por todos los desvelos al igual que las satisfacciones por aprobar materias que pensábamos perdidas. Sin lugar a duda, lo mejor de la facultad estuvo en ustedes.

“Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM <IT102819>. Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida”.

Luis Roberto Vargas Zambrano

ÍNDICE

Introducción.....	8
Objetivo.....	10
Justificación del caso	10
Capítulo 1: Análisis y evaluación de la situación actual - Antecedentes	12
1.1. La población en México	12
1.2. La vejez en México.....	13
1.2.1. Hogares de personas adultas	14
1.2.2. Personas adultas que continúan laborando	14
1.3. Discapacidades en México.....	16
1.3.1. Clasificación de tipo de discapacidad	18
1.3.2. Estructura de la clasificación de tipo de discapacidad	19
1.3.3. Grupo 2: Discapacidades motrices.....	21
1.4. Automóviles en México	21
1.5. Disponibilidad del automóvil en México	23
1.6. Ergonomía de los automóviles	24
1.7. Evolución en la ergonomía de distintos elementos del automóvil.....	25
1.8. Principales inconvenientes y problemas al momento de abordar un automóvil en personas adultas.....	26
1.9. Dispositivos y/o adaptaciones para la asistencia de adultos mayores al entrar en un automóvi.....	27
Capítulo 2: Método de diseño	38
2.1. Análisis del problema	39
2.2. Especificación del problema.....	40
2.3. Despliegue de la Función de Calidad QFD (del inglés <i>Quality Function Deployment</i>) .	42
2.4. Diseño conceptual	47
2.5. Matriz morfológica	49

2.6.	Diseños preliminares	50
2.7.	Selección de solución.....	50
2.8.	Diseño de detalle	51
2.9.	Análisis de resultados, trabajo a futuro y conclusiones	52
Capítulo 3: Especificaciones de diseño y diseño conceptual.....		54
3.1.	Requerimientos de diseño	54
3.2.	Clasificación cualitativa de los requerimientos de diseño	56
3.3.	Uso de “La Casa de la Calidad” (HOQ) para la ponderación de los requerimientos de diseño ...	56
3.4.	Especificaciones de diseño	58
3.5.	Uso de “La Casa de la Calidad” (HOQ) para la ponderación de las especificaciones de diseño ...	61
Capítulo 4: Diseño Conceptual.....		62
4.1.	Análisis funcional	62
4.1.1.	Planteamiento funcional	62
4.1.2.	Árbol funcional	62
4.1.3.	Definición de funciones	63
4.2.	Evaluación y selección de conceptos de solución.....	77
4.3.	Generación de opciones de diseño conceptual	82
4.3.1.	Propuesta de diseño mediante diseño de configuración	85
4.3.2.	Ensamble final y modo de operación.....	94
Capítulo 5: Análisis de resultados y trabajo a futuro.		98
Capítulo 6: Conclusiones		101
Referencias		103
Mesografía.....		104
Apéndices		106

Introducción

En México, el número de habitantes que sufren de alguna discapacidad motriz, limitación física o pertenecen al grupo de edad avanzada o también llamada de la tercera edad, incrementa considerablemente año tras año en algo que puede apreciarse al identificar las cifras que otorga la INEGI en los censos de población y vivienda que efectúan cada 5 años.

Derivado de lo anterior, las personas deben realizar sus actividades diarias y sus rutinas del día con día, encontrando diversos impedimentos y complicaciones para poder efectuarlas con rapidez, eficacia y principalmente seguridad. Dentro de esas complicaciones, para aquellas que pueden contar con un automóvil se presenta la problemática de poder abordar y descender del vehículo derivado a sus limitantes físicas o deficiencias motrices, derivadas de accidentes o lesiones previas, limitantes degenerativas hereditarias y deficiencias ocasionadas por el paso del tiempo y el desgaste de articulaciones y cartílagos.

Actualmente existen diversos dispositivos y adaptaciones que han sido idealizadas y creadas con la finalidad de proveer ayuda al usuario. Sin embargo, muchas o la gran mayoría de estos productos muy lejos de ayudar o proveer auxilio al momento de efectuar la acción de abordar o descender de un auto, lo hacen más complicado, incómodo y en muchas ocasiones peligroso y tardado de efectuar. Lo anterior tomando en cuenta artículos que pueden ser manijas, almohadillas, correas o cualquier cosa que puede contar con un tamaño pequeño. Si se consideran las adaptaciones o dispositivos que cuentan con una estructura de tipo grúa, rampa, o asiento desmontable o giratorio, el principal inconveniente se transforma en económico, al contar con precios exorbitantes y ridículos que se encuentran al alcance de muy pocas personas. En su totalidad, son de envío internacional ya que actualmente no hay en el mercado mexicano un dispositivo que pueda asistir a solucionar dicha problemática.

En este trabajo se pone a ejecución un proceso de diseño para la creación del diseño conceptual de un dispositivo primario que pueda ayudar al usuario a poder ascender y descender de cualquier vehículo que desee. El dispositivo cuenta con partes desmontables y que puedan ensamblarse en un periodo de tiempo corto y de manera sencilla. Además, provee al usuario una asistencia en la actividad pero que necesite de sus capacidades para poder completar la tarea, teniendo como un punto clave el hacer al usuario independiente, pero al mismo tiempo que promueva su participación en el proceso.

En el primer capítulo se presenta el estado de la técnica de la problemática actual, mencionando las estadísticas y números en cuanto a población y a las innovaciones y productos actuales que se tienen para poder resolver el problema.

En el segundo capítulo se explica el proceso de diseño realizado y las diferentes secciones y apartados que puede contener para obtener un dispositivo final acertado y que cumpla con lo necesario y requerido.

Para el tercer capítulo se muestran los requerimientos y posteriormente su conversión para obtener las especificaciones necesarias mediante una metodología de ponderación de éstos.

En el cuarto capítulo se describe, plantea y realiza el proceso de diseño conceptual para poder lograr un diseño que, a partir de ser plasmado en bocetos a mano alzada, sea configurado mediante un software de diseño asistido por computadora (CAD por sus siglas en inglés).

Finalmente, en los capítulos cinco y seis se presenta el análisis de los resultados obtenidos, así como el trabajo a futuro que le depara al dispositivo y las posibles modificaciones y análisis que deberán efectuarse para poder poner en marcha la fabricación y las conclusiones y recomendaciones al trabajo efectuado.

Objetivo

Diseñar conceptualmente un dispositivo para asistir en el ascenso y descenso en el asiento de un vehículo unilateralmente de personas con limitaciones motrices.

Justificación del caso

Este trabajo está basado en la siempre presente necesidad por parte de personas que cuentan con alguna discapacidad o limitación motriz (por lo que generalmente se ven obligados a utilizar una silla de ruedas para mejorar su movilidad) por mejorar y hacer más eficiente y sencillo su modo de vida en ámbitos que engloban cualquier tipo de actividad diaria.

Entre algunas de dichas actividades, se prestó atención al hecho de poder abordar y descender de un vehículo y la gran complicación que esto conlleva para personas con sillas de ruedas, lo anterior derivado a que mis abuelos maternos sufren de dicho problema y aunque en la actualidad no utilizan una silla de ruedas, en el futuro puede que esta situación llegue a presentarse para ellos y demás personas de edad avanzada.

Un gran punto de interés en este trabajo es el de poder cubrir la necesidad actual que existe para diversos usuarios, y para aquellos que más adelante lleguen a estar en el mismo problema o situación. Por lo que se llegó a la decisión de comenzar el diseño de un dispositivo que logre asistir al momento de subir o bajar de un automóvil a personas de edad avanzada, que estén utilizando silla de ruedas y/o que tengan alguna discapacidad motriz que dificulte aún más la actividad ya presentada.

De igual forma, la investigación se realiza para poder presentar una alternativa de solución en forma de un dispositivo que sea diferente a los ya existentes en el mercado en los siguientes rubros:

1. Más fácil, sencilla, y más importante, segura de utilizar.
2. Que más personas puedan adquirirla sin importar su situación económica.
3. Que contenga un costo de fabricación relativamente bajo, para poder venderse a un precio de venta asequible para la mayoría de los usuarios que usen algún tipo de automóvil.
4. La calidad de los materiales sea de un nivel y grado superior a los ya existentes.

Con dicho proceso de diseño y posterior fabricación del dispositivo en cuestión, se pretende ayudar a los usuarios ya mencionados, hacerlos más autosuficientes y autónomos en

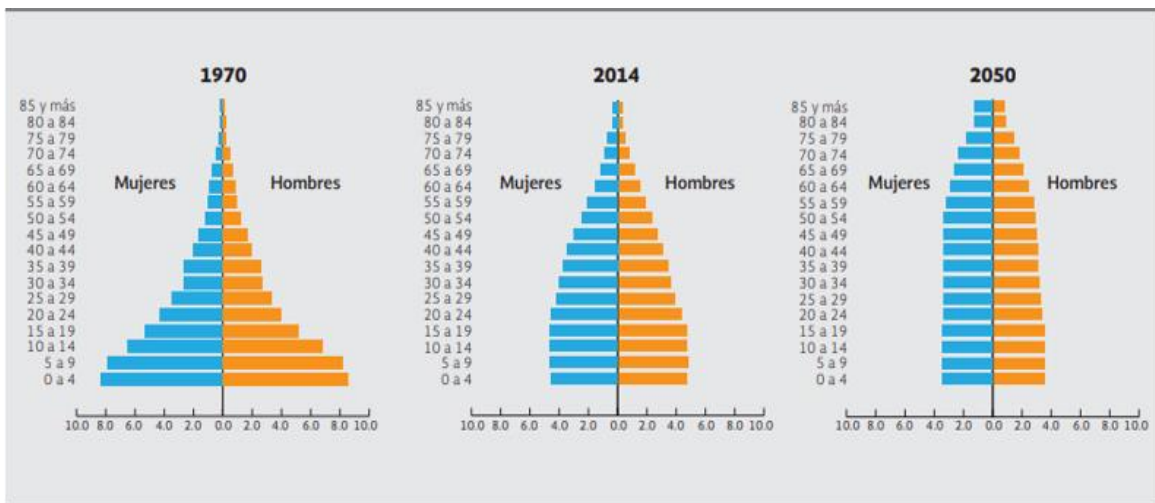
dicha actividad y poder contrarrestar el desgaste muscular, de coordinación y velocidad de reacción que se ven disminuidas con el paso del tiempo en personas adultas de la tercera edad. Por ello es necesario diseñar un plan de desarrollo de inventiva para las diferentes etapas y requerimientos en esta etapa de la vida, que permita mejorar la calidad de vida y la independencia a dichas personas.

Capítulo 1: Análisis y evaluación de la situación actual - Antecedentes

1.1. La población en México

México ha vivido diversas transiciones demográficas a lo largo de su historia, este proceso tiene como característica un descenso importante de la mortalidad y de la natalidad. Para comprender la más reciente de dichas transiciones, debemos observar la primera fase en los inicios de los años 30 en el siglo XX cuando a partir de un descenso de la mortalidad aunado a elevados índices de natalidad, dieron como resultado un periodo de tiempo de elevado crecimiento demográfico, cuyas consecuencias se verían en las décadas posteriores. Para la segunda fase de la transición, nos ubicamos en la década de los años 70 del siglo pasado, cuando un acelerado descenso de la fecundidad llegó como resultado de algunas políticas y normas que se implementaron en la población de aquella década, cuyo único fin era el detener el constante y acelerado crecimiento de la población.

Lo anterior puede observarse en la Gráfica 1 con una proyección natalidad-mortalidad esperada para el año 2050.



Gráfica 1: Estructura de la población por sexo y edad [1]

Para los alrededores del año 2050 se tiene previsto un notable descenso de la natalidad en el país, lo que irremediamente se relaciona con un descenso en la mortalidad de igual manera. Según datos de la INEGI, para el año 2010 la tasa de mortalidad registró 5 defunciones por cada 1,000 habitantes y se pronóstica que posteriormente se incrementará para llegar a 8.8 defunciones por cada 1,000 habitantes esperada para el año 2050. [2]

Se pueden atribuir diversos factores y sucesos que intervienen en la determinación del volumen y la estructura por edad de la población mexicana, entre algunos se destacan:

- Cambios en los componentes demográficos.
- Natalidad
- Mortalidad
- Migración (nacional e internacional)

Dichos factores ayudaron a que la población pasara de aproximadamente 16.5 millones de habitantes (8.4 millones de mujeres y 8.1 millones de hombres) en los años 30 del siglo XX, a 119.7 millones en 2014 (61.2 millones de mujeres y 58.4 millones de hombres). Se espera que para 2050 estos números sigan incrementando hasta llegar a poco más de 150 millones en 2050 desglosados en 77.9 millones de mujeres y 72.9 millones de hombres. [3]

1.2. La vejez en México

Al igual que en la población en general, la población adulta cuenta con un peso relativo (aunque bajo) en cuanto a cantidad se refiere creciendo de manera acelerada, cuyas proyecciones se prevén que para el año 2050, las mujeres de 60 años y más por sí mismas representen el 23.3% del total de la población femenina mexicana y los hombres constituyan el 19.5% del total de la masculina. Un factor importante es que, al mencionar la esperanza de vida del total de la población mexicana, ésta se duplicó entre 1930 y 2014, dejando una ganancia de 43 años en mujeres y 39 en hombres, lo que desemboca en grandes desafíos para los sistemas de pensión, jubilación y salud, principalmente.

Grupos de edad	Mujeres	Hombres	Total	Mujeres	Hombres	Total
2010						
Total	5,375,841	4,679,538	10,055,379	100	100	100
60 a 69 años	2,861,791	2,571,940	5,433,731	53.2	55	54
70 a 79 años	1,665,835	1,453,582	3,119,417	31	31.1	31
80 años y más	848,215	654,016	1,502,231	15.8	14	14.9
2014						
Total	6,267,693	5,401,740	11,669,431	100	100	100
60 a 69 años	3,400,876	3,034,205	6,435,080	54.3	56.2	55.1
70 a 79 años	1,872,979	1,600,977	3,473,955	29.9	29.6	29.8
80 años y más	993,838	766,558	1,760,396	15.9	14.2	15.1
2050						
Total	18,182,536	14,244,659	32,427,197	100	100	100
60 a 69 años	8,332,700	6,875,120	15,207,821	45.8	48.3	46.9
70 a 79 años	6,318,609	4,765,267	10,903,877	33.8	33.5	33.6
80 años y más	3,711,227	2,604,272	6,315,499	20.4	18.3	19.5

Tabla 1. Población de 60 años y más y su distribución por grupos de edad según sexo, 2010, 2014 y 2050. [4]

Al tener un incremento en el número de adultos mayores, también se debe tener un incremento en las capacidades del Sistema de Salud y para las organizaciones familiares, con la finalidad de poder cubrir todas y cada una de las necesidades de cualquier tipo, especialmente en el trabajo de cuidados y atenciones que requieren.

1.2.1. Hogares de personas adultas

De acuerdo con el INEGI en el Censo de Población y Vivienda 2010 en México, las personas adultas mayores residen en diferentes tipos de hogares familiares que se clasifican de acuerdo con el número de personas y al tipo de relación familiar o no que se tiene entre ellas: el 49.7% de los hombres viven en hogares nucleares¹; 38.1% en hogares ampliados² y el 1.7% en hogares compuestos³. En el caso de las mujeres, se tiene que viven con menor frecuencia en hogares nucleares y se encuentran en hogares ampliados con un 37.9% y 47.0% respectivamente.

A partir de la información anterior, se puede identificar que las personas adultas se encuentran viviendo en compañía de algún familiar, lo que sin lugar a duda debe repercutir en un beneficio físico y emocional para ellos, especialmente para aquellos que requieren de cuidados especiales a causa de una enfermedad o discapacidad, excluyendo como es lógico los casos que lamentablemente presenten situaciones de violencia intrafamiliar.

Sin embargo y para fines de atención del trabajo, se tiene un 12% de mujeres y 9.2% de hombres adultos mayores que viven solas/solos, en hogares unipersonales, lo que representa, entre muchas cosas, que ante cualquier situación de la vida cotidiana o en caso de alguna emergencia que se requiera del uso del automóvil, sean ellos y solamente ellos mismos quienes deben efectuar todo el proceso que conlleva el uso de un vehículo.

El estado conyugal que predomina entre las personas adultas mayores es la unión en pareja mediante matrimonio o unión libre, posteriormente la viudez ocupa un lugar importante entre las personas de edad avanzada, siendo el 37.9% de mujeres viudas comparado con el 13.7% de hombres viudos.

1.2.2. Personas adultas que continúan laborando

Dentro del país, el mercado laboral es el que más acapara la mano de obra en cuanto a personas adultas mayores, contando con una tercera parte de ese sector dentro de este tipo de actividad laboral. Sin embargo, se tiene una marcada diferencia en la cantidad de personas entre mujeres y hombres (19.4% y 50.8% respectivamente) de edad avanzada que laboran. Es una

¹ Los hogares nucleares se integran por una pareja con o sin hijos, o uno de los progenitores e hijo(s) o hija(s).

² Los hogares ampliados están conformados por un hogar nuclear y al menos otro pariente, o por un(a) jefe(a) y al menos otro(a) pariente.

³ Los hogares compuestos se conforman por un hogar nuclear o ampliado y al menos un integrante sin parentesco. En conjunto, hogares ampliados y compuestos, se denominan hogares familiares extensos.

condición natural que la participación en actividades económicas se reduce conforme se aumenta la edad, aunque en México dos de cada diez adultos mayores de 80 años y más continúan siendo económicamente activos, al igual que el 4.7% de las mujeres de esas edades. [5]

Condición de actividad	Grupo de edad			
	Total	De 60 a 69	De 70 a 79	80 y más
Mujeres	100	100	100	100
Económicamente activas	19.4	27.6	13	4.7
Quehaceres domésticos	62.8	59.5	70	60.2
Pensionadas y jubiladas	8.7	9.6	8.4	6.5
Incapacitadas permanentes	1.1	0.6	0.9	2.9
Otras no económicamente activas	8	2.7	7.6	25.7
Hombres	100	100	100	100
Económicamente activos	50.8	63.9	42.1	20.8
Quehaceres domésticos	8	4.8	10.8	13.8
Pensionados y jubilados	25.1	21.4	29.7	29.1
Incapacitados permanentes	1.4	1	1.3	3.1
Otros no económicamente activos	14.7	8.9	16	33.2
Total	100	100	100	100
Población económicamente activa	33.8	44.3	26.6	11.5
Quehaceres domésticos	37.7	34.3	42.4	40.4
Pensionados (as) y jubilados (as)	16.2	15	18.3	16.2
Incapacitados (as) permanentes	1.2	0.8	1.1	3
Otros no económicamente activos (as)	11	5.5	11.5	28.9

Tabla 2. Condición de actividad de la población adulta mayor por sexo, según grupos de edad, 2014. [6]

Dentro de los desafíos a los que se ha enfrentado México durante el paso de los años, se destaca el del proceso de envejecimiento de la población para poder garantizar una sustentabilidad económica de las y los adultos mayores con la única finalidad de poder brindárseles una vida digna. Dicho desafío tiene como impacto inmediato el esquema de pensiones, cuya reputación es que siempre ha sido bajo en cuanto a cobertura y montos económicos, y que tiene un papel sumamente importante en el marco de los ingresos de personas de edad avanzada que ahora viven más años y que afecta directamente a la condición laboral de las personas. Esta baja cobertura de pensiones se puede relacionar directamente a ser una de las razones por las que personas de edad avanzada realizan actividades para el mercado laboral remunerado.

En cuanto a cifras, un 58.4% de los hombres y 31.6% de las mujeres reciben ingresos por trabajo o algún negocio ya sea formal o informal. Es lógico que la actividad económica sea muy importante en el periodo de años de personas de edad menos avanzada, siendo el 46.7% de las

mujeres de entre 60 y 69 años que perciben ingresos al estar dentro de alguna actividad económica, misma situación en la que se encuentran 72.8% de hombres de ese mismo grupo de edad. Como ya se ha mencionado, los ingresos por trabajo se van disminuyendo conforme pasa el tiempo y aumenta la edad, por lo que adquieren un mayor significado e importancia las transferencias gubernamentales y los programas sociales para poder tener y/o mantener una calidad de vida óptima entre personas adultas mayores. [7]

1.3. Discapacidades en México

De acuerdo con estudios realizados, se ha determinado que la esperanza de vida saludable en promedio para la población es de 65.8 años (Manrique-Espinoza, et al., 2013). Si en México la esperanza de vida es de 74.7 años, la parte de la población que logra llegar a esa edad, tiene altas probabilidades de hacerlo con una carga de enfermedad y dependencia durante aproximadamente 9 años. Es importante mencionar que, tanto por cuestiones físicas como de género, las mujeres adultas mayores son las que sufren de más enfermedades incapacitantes y por periodos de tiempo más largos y constantes que los hombres: 3 de cada 10 mujeres adultas mayores presenta problemas para realizar alguna tarea de la vida cotidiana, como puede ser comer, bañarse, caminar, entre otras, en comparación con los hombres, de los cuales 2 de cada 10 tiene dificultades para realizar las mismas actividades.

Las discapacidades se han evaluado y clasificado bajo distintos niveles y categorías durante el paso del tiempo, dichas escalas miden la capacidad funcional que tienen las personas para realizar diversas actividades, las cuales se dividen en 2 grandes grupos:

1. Actividades Básicas de la Vida Diaria (ABVD): Abarca las capacidades de autocuidado más comunes y elementales, como son comer, ir al baño, contener esfínteres, asearse, vestirse, caminar y demás. Constituyen las actividades esenciales para el autocuidado. [8]
2. Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (AIVD): Son las que permiten a los adultos mayores el poder adaptarse a su entorno y de esta forma, mantener una independencia personal en la comunidad. Dichas actividades engloban usar el teléfono, hacer compras, cocinar, limpiar la casa, utilizar transportes, administrar medicamentos, etcétera. [9]

Cabe mencionar que el caso de estudio en específico y sobre el cual está enfocada esta investigación, es hacia las Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (AIVD) en el apartado de utilizar transportes.

Características	Edad (años)				Sexo		Lugar de residencia	
	Nacional	60 - 69	70 - 79	80 o más	Mujeres	Hombres	Urbano	Rural
Autorreporte médico de enfermedades								
Diabetes	24.3	25.2	25.1	19.3	25.8	22.4	26.4	17.3
Hipertensión	40	37.8	42.1	43.2	46.2	32.9	42.2	32.7
Hipercolesterolemia	20.4	24.7	17.6	11.5	23.6	16.7	22.2	14.4
Enfermedad del corazón (infarto, angina de pecho e insuficiencia cardíaca)	9.2	6.4	11.6	13.4	8.8	9.6	10	6.6
Embolia o infarto cerebral	3.7	2.9	4.1	5.3	3.4	4	3.7	3.5
Cáncer	3.6	3.7	3.8	3.3	4.4	2.8	4.2	1.8
Salud mental								
Síntomas depresivos	17.6	17.4	16.9	21.2	22.1	12.5	17.4	18.2
Deterioro cognitivo	7.3	4.4	8.8	13.6	8.3	6.3	7.2	8.2
Demencia	7.9	3.9	8.9	19.2	9.1	6.9	7.7	9.4
Dificultades para realizar ABVD								
Caminar	18.4	11.5	21.7	34.6	19	17.6	17.9	19.9
Bañarse	12.5	5.7	14.7	30.6	13.6	11.2	12.4	12.6
Acostarse o levantarse de la cama	15.3	10.1	17.6	28.1	18.4	11.8	15.3	15.4
Vestirse	13.2	7.7	14.1	29.6	14.9	11.2	13.4	12.4
Tiene al menos una limitación en ABVD	26.9	18.2	31	47.5	29.6	23.8	26.9	26.9
Dificultades para realizar AIVD								
Preparación de alimentos	10.6	5.3	11.3	26.8	12.4	8.5	10.7	10.3
Compra de alimentos	17.1	9.7	21.2	33.4	21.2	12.4	17.5	15.7
Administración de medicamentos	9.9	5.2	9.2	27	11.1	8.5	9.7	10.5
Manejo de dinero	8.1	3.9	7.4	23.6	8.9	7.3	8	8.5
Tiene al menos una limitación en AIVD	24.6	14.8	28.7	49.1	28.4	20.3	24.8	24

Tabla 3. Condiciones generales de salud de las personas adultas mayores de 60 años o más, según grupos de edad, sexo y lugar de residencia (urbano/rural). [10]

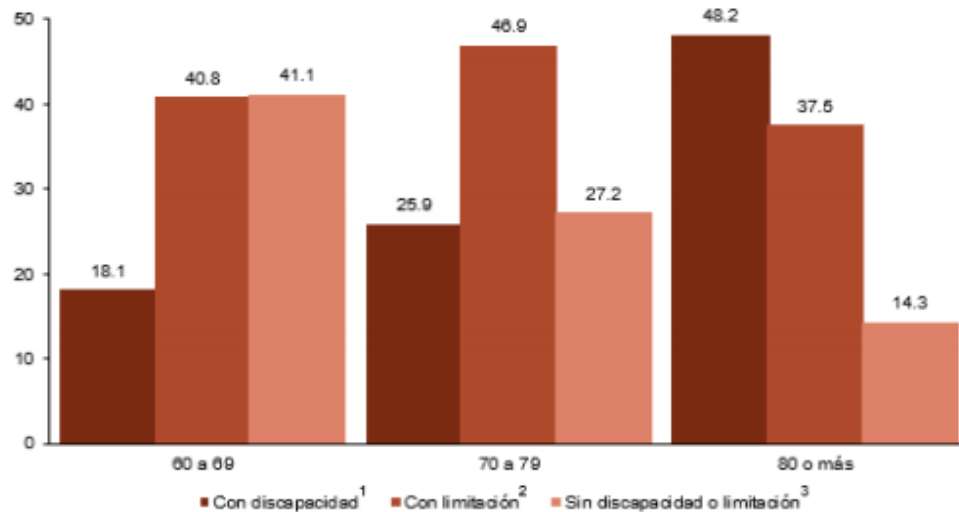
Observando la Tabla 3, se puede apreciar que entre el 20% y 30% de la población adulta mayor sufre al menos, una limitante para poder realizar alguna ABVD y/o AIVD, siendo las mujeres en ambos casos el género que cuenta con más cantidad de población.

En el caso de los adultos mayores que viven solos, es demasiado probable que sean ellos y solo ellos los que deben efectuar sus actividades diarias sin ningún tipo de ayuda inmediata. De acuerdo con la ENADID (Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica), en 2018 el 27.1% de las personas de edad avanzada que se encuentran viviendo solas tiene algún tipo de discapacidad, mientras que el 42.3% presenta alguna limitación para poder efectuar alguna actividad considerada básica, como ya se explicó anteriormente.

En ese mismo año, la INEGI realizó un cuestionario en donde encontró que el incremento de la edad y la discapacidad mantienen una relación muy marcada y evidente. Dividió a la población adulta mayor en 3 grandes grupos:

- Población de entre 60 a 69 años.
- Población de entre 70 a 79 años.
- Población de 80 años o más.

Posteriormente demostró que, en el grupo de 60 a 69 años, el 18.1% de los adultos mayores que se encuentran viviendo solos presenta discapacidad; para la población de 70 a 79 años el porcentaje se incrementa a 25.9 y finalmente, y como es de esperarse, para la población de 80 años o más, estas cifras se elevan hasta el 48.2% de personas adultas mayores con discapacidad.



¹ Incluye a las personas que tienen como respuesta "No puede hacerlo" o "Lo hace con mucha dificultad" en al menos una de las actividades plasmadas en el cuestionario.

² Incluye a las personas que únicamente tienen como respuesta "Lo hace con poca dificultad" en al menos una de las actividades plasmadas en el cuestionario.

³ Incluye a las personas que tienen como respuesta "No tiene dificultad" en todas las actividades plasmadas en el cuestionario.

Gráfica 2. Diferentes grupos de población de personas adultas mayores que presentan algún tipo de discapacidad. [11]

1.3.1. Clasificación de tipo de discapacidad

El término ‘deficiencias’ hace referencia al órgano o la parte del cuerpo afectado, como podría ser lesiones en el cerebro, médula espinal, extremidad u otra parte del cuerpo. Son ejemplos que se describen como “ausencia de piernas”, “desprendimiento de retina”, entre otros.

En el caso de “discapacidades”, se refieren a la consecuencia de la deficiencia en la persona afectada, por ejemplo, limitaciones para aprender, hablar, caminar u otra actividad. Teniendo como ejemplo: “no puede ver”, “no mueve medio cuerpo”, entre otras.

La definición de discapacidad recomendada por la ONU (Organización de las Naciones Unidas) mediante la OMS (Organización Mundial de la Salud) es: *“una persona con discapacidad es una persona que presenta restricciones en la clase o en la cantidad de actividades que puede realizar debido a dificultades corrientes causadas por una condición física o mental permanente o mayor a seis meses”*.⁴

Dicha definición de la OMS se retoma en el XII Censo General de Población y Vivienda 2000 y se acopla para el levantamiento censal en el Manual del entrevistador mediante lo siguiente: *“una persona con discapacidad es aquella que tiene alguna limitación física o mental para realizar actividades en su casa, escuela o trabajo, como caminar, vestirse bañarse, leer, escribir, escuchar, etc.”*⁵

Los agrupamientos comunes utilizados tradicionalmente por los profesionistas son de 3 grandes áreas: motriz, sensorial y mental. Para fines del presente escrito, se centrará la información en el primero, el grupo de las enfermedades motrices que incluye deficiencias y discapacidades para caminar, manipular objetos y coordinar movimientos, así como para utilizar brazos y manos. Regularmente, estas discapacidades implican la ayuda de otra persona o de algún instrumento de asistencia (silla de ruedas, bastón, etc.) [48]

1.3.2. Estructura de la clasificación de tipo de discapacidad

La clasificación está organizada en 2 niveles: grupo y subgrupo. Se tienen 4 grandes grupos de discapacidad y el grupo de las discapacidades especiales, todos con claves numéricas de un solo dígito.

El segundo nivel de la clasificación corresponde a los subgrupos, los cuales tienen una clave compuesta de 3 dígitos. Con el primero de izquierda a derecha se identifica el grupo al que pertenecen. En total, la clasificación comprende de 18 subgrupos.

Cada subgrupo se conforma por un listado, en orden alfabético, de descripciones relativas a deficiencias y discapacidades, aquí se incluyen tanto nombres técnicos como sinónimos con los cuales se puede reconocer la discapacidad, por lo que existen casos que para una misma deficiencia o discapacidad pueden aparecer varias descripciones, colocándose entre paréntesis su sinónimo.

⁴ Principios y Recomendaciones para los Censos de Población. ONU, 1998.

⁵ Manual del entrevistador, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

Para cada subgrupo se tiene una sola clave numérica, excepto en el subgrupo 4 (discapacidades múltiples), que comprende de la 401 a la 422. Las 22 claves del subgrupo 4 identifican, dentro de las discapacidades múltiples, a las combinaciones de discapacidad que no están consideradas en otros subgrupos, a los síndromes que se manifiestan con más de una discapacidad y los casos en los que implican más de 2 discapacidades.

Todos los grupos contienen un subgrupo con clave en terminación “99”, que ayuda para clasificar descripciones que no son lo suficientemente claras y precisas, por lo que es complicado ubicarlas en alguno de los otros subgrupos o que su descripción contiene términos ambiguos o indefinidos.

Finalmente, el grupo 9 se define como “Claves especiales”, y permite contar con claves que ayuden a resolver los problemas de falta de precisión en las descripciones provenientes de campo, dicho de otra manera, las que indican discapacidad, pero no de que tipo, las que no se consideran discapacidades, las que indican desconocimiento y las que no permiten saber si existe o no la discapacidad. [48]

A continuación, se muestran los grupos y subgrupos ya explicados:

GRUPO 1: DISCAPACIDADES SENSORIALES Y DE LA COMUNICACIÓN

- SUBGRUPO 110: DISCAPACIDADES PARA VER
- SUBGRUPO 120: DISCAPACIDADES PARA OÍR
- SUBGRUPO 130: DISCAPACIDADES PARA HABLAR (MUDEZ)
- SUBGRUPO 131: DISCAPACIDADES DE LA COMUNICACIÓN Y COMPRENSIÓN DEL LENGUAJE
- SUBGRUPO 199: INSUFICIENTEMENTE ESPECIFICADAS DEL GRUPO DISCAPACIDADES SENSORIALES Y DE LA COMUNICACIÓN

GRUPO 2: DISCAPACIDADES MOTRICES

- SUBGRUPO 210: DISCAPACIDADES DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES, TRONCO, CUELLO Y CABEZA
- SUBGRUPO 220: DISCAPACIDADES DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES
- SUBGRUPO 299: INSUFICIENTEMENTE ESPECIFICADAS DEL GRUPO DISCAPACIDADES MOTRICES

GRUPO 3: DISCAPACIDADES MENTALES

- SUBGRUPO 310 DISCAPACIDADES INTELLECTUALES (RETRASO MENTAL)
- SUBGRUPO 320 DISCAPACIDADES CONDUCTUALES Y OTRAS MENTALES

- SUBGRUPO 399 INSUFICIENTEMENTE ESPECIFICADAS DEL GRUPO DISCAPACIDADES MENTALES

GRUPO 4 DISCAPACIDADES MÚLTIPLES Y OTRAS

- SUBGRUPO 401-422 DISCAPACIDADES MÚLTIPLES
- SUBGRUPO 430 OTRO TIPO DE DISCAPACIDADES
- SUBGRUPO 499 INSUFICIENTEMENTE ESPECIFICADAS DEL GRUPO DISCAPACIDADES MÚLTIPLES Y OTRAS

GRUPO 9: CLAVES ESPECIALES

- SUBGRUPO 960 TIPO DE DISCAPACIDAD NO ESPECIFICADA
- SUBGRUPO 970 DESCRIPCIONES QUE NO CORRESPONDEN AL CONCEPTO DE DISCAPACIDAD
- SUBGRUPO 980 NO SABE
- SUBGRUPO 999 NO ESPECIFICADO GENERAL

1.3.3. Grupo 2: Discapacidades motrices

Engloba al grupo de personas que presentan discapacidades para caminar, manipular objetos y de coordinación de movimientos para poder realizar actividades de la vida cotidiana.

Este grupo es conformado por 3 subgrupos:

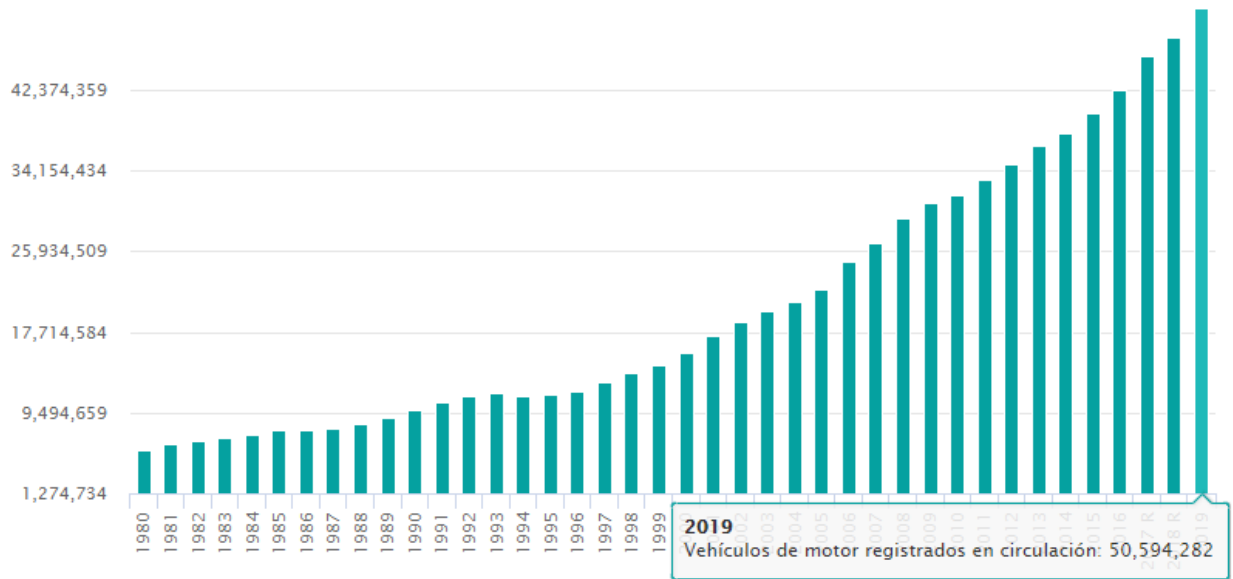
- 210: *Discapacidades de las extremidades inferiores, tronco, cuello y cabeza.*
- 220: *Discapacidades de las extremidades superiores.*
- 299: *Insuficientemente especificadas del grupo discapacidades motrices.*

En este grupo se incluyen la pérdida total o parcial de uno o más dedos de las manos o pies. De igual manera, incluye los nombres técnicos de algunas discapacidades y el nombre común con el que el informante las conoce. [48]

1.4. Automóviles en México

El número de automóviles en el país se ha incrementado casi al mismo paso con el que se ha aumentado la cantidad de habitantes que lo conformamos, al ser un medio de transporte común y en muchos casos, de privilegio, se deben satisfacer las demandas que se exigen año tras año por la sociedad y que se mantienen al margen de las novedades tecnológicas, así como medioambientales que, de igual forma, continúan aumentando exponencialmente.

Para el año 1980 se tenían registrados alrededor de 5 millones de vehículos de motor registrados en circulación, para el año pasado (2019) se cerró con la increíble (y podría mencionarse, preocupante) cantidad de 50,594,282 de automóviles registrados en circulación vigente. [11] (Ver gráfica 3).



Gráfica 3. Número de vehículos de motor registrados en circulación año tras año desde 1980 hasta 2019. [11]

Para el mes de julio del año 2020, se ha desglosado la cantidad de vehículos en circulación en 3 grandes tipos: automóvil, camión de pasajeros y camión de carga. Teniendo un amplio campo de operación en la categoría de automóvil con más de 33 millones de unidades con circulación actual.

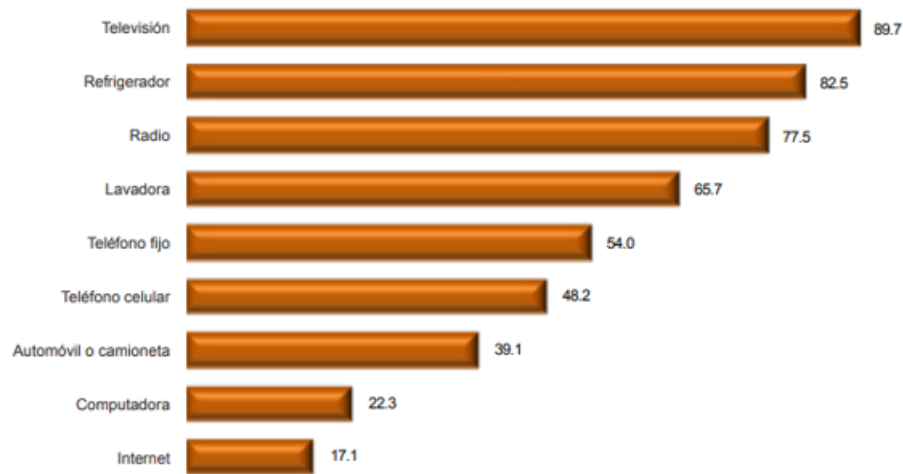
2020						
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
33,069,873	33,132,386	33,181,384	33,200,156	33,222,259	33,257,592	33,299,213
441,689	442,043	442,390	442,460	442,614	442,831	443,103
11,518,407	11,562,237	11,579,577	11,596,533	11,617,576	11,647,046	11,680,800

Tabla 4. Número de vehículos de motor registrados desglosados por denominación automóvil, camión de pasajeros y camión de carga respectivamente. [11]

1.5. Disponibilidad del automóvil en México

En el país, los bienes en la vivienda son aquellos que facilitan las tareas domésticas y proporcionan bienestar y comodidad a sus ocupantes, así se constituye como un bien, la disponibilidad de refrigerador, lavadora y automóvil, ya que significa poder conservar los alimentos, aligerar las cargas del trabajo doméstico y facilitar el transporte y/o traslado. En este sentido, puede decirse que contar con ellos significa comodidades y mejores niveles de bienestar de la población. [15]

Se puede considerar al automóvil como un bien que brinda mayores facilidades para el traslado de personas respecto a lo que pueden brindar los medios de transporte públicos y algunos como la bicicleta y sistemas no motorizados. Dichas facilidades se vuelven superfluas para el caso de personas adultas mayores, quienes conforme pasan los años, van perdiendo capacidades físicas para poder realizar las actividades que antes podían efectuar de manera rápida y sin complicaciones, por lo que la acción de transportarse de un lugar a otro cubriendo los estándares de seguridad y comodidad mediante el uso del automóvil se vuelve un problema para dicha población si el vehículo en uso no cuenta con las condiciones y capacidades requeridas para ese sector de la población.



Gráfica 4. Proporción de la población de 60 y más años en viviendas particulares habitadas según bienes y tecnologías de la información de que disponen, 2010. [16]

Cabe mencionar que el 39.1% de población de 60 años o más que cuentan con automóvil (Gráfica 4), está considerada en general, por lo que, para fines de objeto de estudio del actual trabajo, se considerará entre el 20% y 30% de ese 39.1%, que es el intervalo de población de edad avanzada que tiene al menos una limitación para realizar una AIVD y/o ABVD (Tabla 3).

1.6. Ergonomía de los automóviles

Con el paso de los años los automóviles se han ido diseñando con la finalidad de poder hacer más eficientes y amigables diversos factores que conllevan el proceso de fabricación de un vehículo motorizado, dando prioridad a los elementos en el siguiente orden:

1. Elementos de seguridad (cinturón de seguridad, airbag o llamada de emergencia automática).
2. Elementos de control (faros, frenos o detector de peatones)
3. Elementos de confort (asientos)
4. Accesorios

Además de volver más seguros cada uno de los diferentes elementos que conforman un auto, es de suma importancia incluir también el término de ergonomía en el proceso de diseño de los diferentes elementos.

La Real Academia Española (RAE) define a la ergonomía de la siguiente manera:

“Estudio de la adaptación de las máquinas, muebles y utensilios a la persona que los emplea habitualmente, para lograr una mayor comodidad y eficacia.”

La ergonomía juega un papel clave en el diseño de distintos componentes de un vehículo, evitando de esta manera la probabilidad de sufrir un percance y mejora la experiencia de manejo del usuario y lo hace de 3 formas [17]:

a) Reduciendo la fatiga

Estadísticamente un 30% de accidentes de tráfico se generan por inconvenientes relacionados con el cansancio que presente el conductor al realizar la acción. Si se tiene una correcta y mayor ergonomía en diferentes elementos del auto, se produce una mejor comodidad al ir tras el volante, reduciendo de esta forma las posibilidades de cansarse en trayectos largos y de sufrir algún tipo de contractura muscular, especialmente en personas de edad avanzada que deben seguir utilizando el automóvil por sí mismos.

b) Más libertad de movimientos

El artículo 17 y 18 del Reglamento General de Circulación de la CDMX, indica que como conductores se debe tener una plena y total libertad de movimientos, con la finalidad de poder reaccionar con celeridad ante cualquier percance o situación de riesgo que se presente al momento de estar conduciendo. Si se tiene una correcta ergonomía se asegura que se pueda mantener una posición correcta al momento de estar conduciendo, la cual se adquiere en el instante en que el usuario ingresa al vehículo.

c) Evitando distracciones

Al integrar diferentes controles en el volante y poder colocar algunos más en sitios más accesibles, se consigue mantener toda la atención en el camino.

1.7. Evolución en la ergonomía de distintos elementos del automóvil

Se puede relacionar la palabra ergonomía con 3 términos principales: confort, seguridad y bienestar; por lo que se vuelve de suma importancia al momento de diseñar los diferentes componentes o dispositivos para mejorar e incrementar dicha ergonomía en los vehículos, si lanzamos algunos ejemplos al aire tendremos el diseño de la distancia entre pedales y asiento, así como la altura que existe desde el suelo hasta el volante y como la cabecera del asiento ayuda a disminuir el efecto latigazo que se genera en el cuello y las vértebras cervicales al momento de sufrir algún percance.

Generalmente se pueden identificar varios o casi todos los aspectos ergonómicos que debe cumplir un automóvil:

➤ *Volante*

Se diseña de acuerdo con la postura del conductor, la manera de tomar el volante y la presión ejercida sobre él, teniendo como objetivo el poder brindar la mejor comodidad posible y lograr un agarre de manera sencilla y segura, con la finalidad de poder aguantar largas horas de manejo sin molestia alguna y el poder reaccionar ante cualquier percance ocurrido en el camino. El volante se debe encontrar a una posición correcta para permitir que los brazos queden a la altura de los hombros y la espalda se encuentra recta y relajada. Hoy en día es tendencia y cada vez más común y hasta cierto grado obligatorio el poder controlar y ajustar la mayoría de las funciones del vehículo desde comandos incorporados en el volante, disminuyendo las distracciones al conducir y aumentando la seguridad.

➤ *Cabecera en los asientos*

Como ya se ha mencionado, el diseño adecuado de la cabecera logra eliminar las lesiones en el cuello que se producen por el efecto latigazo al sufrir un percance frontal o posterior. La parte central de la cabecera se debe encontrar a la altura de las orejas, cualquier vehículo cuenta con ajuste mecánico de dicha altura. Sin embargo, vehículos más recientes incorporan sistemas eléctricos e inclusive automáticos de altura y posición de la cabecera con la finalidad de lograr la posición ideal de acuerdo con la fisionomía del usuario.

➤ *Asientos*

Uno de los aspectos con más importancia en el diseño ergonómico del automóvil, una correcta postura aunado a un nivel alto de comodidad, mejora y hace más placentera la

experiencia de conducir o de simplemente sentarse en el asiento. Existen diferentes métodos para lograr dicha experiencia, desde los mecanismos mecánicos de palanca, perilla o jaladera hasta los más actuales y modernos, totalmente eléctricos y automatizados para poder quedarse con la memoria programada de diferentes configuraciones de posición como lo son el control de desplazamiento eléctrico, regulación electrónica longitudinal, calefacción, nivel de sujeción lateral y lumbar, etc.

➤ *Cinturones de seguridad, airbags y absorción de impacto*

El cinturón de seguridad salva vidas, al momento de algún accidente se activan inmovilizando al ocupante durante todo el tiempo que dure el siniestro, además de la típica colocación manual de éste, existen métodos de pre apriete que brinda mejor sujeción, así como seguridad, al igual que la utilización de costuras quirúrgicas para lograr un mayor nivel de ergonomía y protección.

Para el caso de las bolsas de aire, el posicionamiento dentro del auto ha ido ajustándose y cambiando a lo largo del tiempo, así como la distancia a la que se encuentra entre el conductor y el volante (25 centímetros mínimo que es la distancia del airbag al reventar⁶). Actualmente diferentes modelos cuentan con cortinas laterales que se encuentran junto a los vidrios izquierdos y derechos, que brindan mayor seguridad y disminuyen el riesgo de lesiones ocasionadas por la bolsa de aire.

Finalmente, los autos han pasado de ser puramente estructura metálica y lámina para contener techos, pisos y laterales resistentes para soportar presiones de hasta 23,000 [N] al contar con espumas de memoria de alto impacto que absorben los daños a los ocupantes del vehículo y disminuye considerablemente la presentación de deformaciones en la carrocería.

1.8. Principales inconvenientes y problemas al momento de abordar un automóvil en personas adultas

El autor de este trabajo identifica que existen diferentes motivos o razones por las cuáles se considera un desafío considerable el poder ingresar a los asientos frontales un automóvil para personas adultas mayores, entre los principales se puede destacar los siguientes:

- Espacio

Independientemente del tamaño del auto, el espacio interior no debe estar ligado a las dimensiones del vehículo, hoy en día existe una desproporción demasiado marcada en ese aspecto. Por ejemplo, un auto de tipo compacto tiene que ofrecer similar o inclusive similar

⁶ Dirección General de Tráfico. *OTROS ELEMENTOS DE SEGURIDAD PASIVA: EL AIRBAG, EL CASCO, EL REPOSACABEZAS*. Ministerio del Interior. Madrid, España. 2014.

capacidad de carga, libertad de movimiento y almacenamiento que un coche de tamaño amplio y grande puede ofrecer, todo con la finalidad de poder aprovechar el espacio de la manera más eficiente posible. La palabra espacio tiene que estar presente en cada una de las secciones del vehículo: entre los asientos para poder descansar de manera correcta las piernas, en el maletero y en el tamaño de las puertas, con la finalidad de poder ingresar en el vehículo de manera sencilla, fácil y segura.

- Confort

La palabra confort debe aparecer en cada uno de los componentes del vehículo, enfocándonos por los asientos, los cuales deben ser de un tamaño considerablemente amplio y cómodo, al igual que debe contar con refuerzo lumbar para ayudar a la espalda y columna a conservar una posición adecuada y evitar la fatiga, así como deben contar con una altura de reposacabezas y reposa brazos en algunos casos para liberar o evitar la tensión del cuello. Asientos con calefacción, ajuste de volante y pedales o asistencia eléctrica son algunos de las innovaciones con las que cuentan los automóviles hoy en día.

- Accesibilidad

El desafío más importante e interesante para fines de la presente investigación, ya que además de estar pensada para ayudar a personas adultas mayores, se tiene en consideración para toda la familia.

El término accesibilidad al auto genera beneficios tanto para conductores y pasajeros de edad avanzada cómo para los más niños y/o jóvenes que utilicen un vehículo. Existen varias consideraciones para poder obtener una buena accesibilidad, por ejemplo, el diseño del marco de la puerta debe estar suficientemente bajo para poder ingresar al vehículo sin alguna rampa o apoyo de acceso (como lo cuentan las camionetas tipo SUV) y que dicho diseño tenga características de ayuda al usuario para evitar hacer sobreesfuerzo al entrar en el vehículo.

1.9. Dispositivos y/o adaptaciones para la asistencia de adultos mayores al entrar en un automóvil

Hoy en día existen diferentes tipos de accesorios que mejoran la asistencia al ingresar a un automóvil, que van desde cojines giratorios hasta cintas de asistencia. Sin embargo, también existen casos en los que se debe modificar ciertas partes del vehículo para poder permitirle al usuario una cómoda y sencilla entrada y salida de este. La diferencia entre los accesorios y modificaciones termina siendo resaltada en cuanto al costo que tienen cada uno, mientras los accesorios pueden lograr acoplarse al vehículo, la modificación depende del cambio de la estructura inicial del equipo obligatoriamente.

A continuación, se presentan algunos de los diferentes dispositivos y accesorios más sencillos y prácticos, así como productos más sofisticados y complejos hasta terminar en vehículos modificados estructuralmente o transformados, todo con el único objetivo de facilitar el acceso al automóvil.

1. Accesorios

Artículos sencillos que ayudan al usuario a poder ingresar y salir del vehículo hasta donde se logre.

→ Cinta de asistencia

Cinturón que rodea y está anclado al marco de la ventana, contiene una manija amplia y de tamaño considerable la cual el usuario sostiene y jala para poder salir de cualquier vehículo al lograr un impulso momentáneo posteriormente de haber girado y orientarse de frente a la puerta por sí mismo.

También llamadas correas de transferencia deben montarse y desmontarse cada que se quiera ingresar o salir del automóvil, dependiendo de la marca y el vendedor, su precio es de alrededor de \$250 y \$350 pesos mexicanos.



Fig. 1. Cinta colocada en marco de la puerta del piloto. [18]

→ Manija o barra de ayuda

Manivela corta en forma de L, cuyo lado más corto se introduce en el pestillo en forma de U del marco de la puerta de la gran mayoría de los vehículos (una de las partes más resistentes de los automóviles), dejando la parte más larga y diseñada ergonómicamente mediante agarraderas y acolchada como barra de agarre en un punto sólido y seguro para poder entrar o salir del vehículo.

Tiene la ventaja de que, al ser de tamaño pequeño, se puede guardar en el bolsillo y utilizar de un auto a otro y en cualquier lado de este. Hay modelos que incluso cuentan con linternas incorporadas o con compartimientos para llaves, al igual que estar pensadas en cuanto al diseño para poder cortar un cinturón de seguridad y romper cristales en caso de una situación de emergencia extrema en el que se deba salir del vehículo inmediatamente.

Su precio abarca entre los \$200 y \$700 pesos mexicanos, dependiendo la marca y el vendedor.



Fig. 2. Barra de ayuda. [18]

→ Almohadón o cojín giratorio

Consiste en 2 placas circulares unidas entre sí por un punto central, la parte circular inferior que se encuentra en contacto con el asiento del vehículo y la superior en contacto con la persona, se fabrican con un material antideslizante para evitar fricciones y por lo tanto, cargas eléctricas y movimientos fuera del eje de giro, al contrario de las superficies que se encuentran en contacto en el punto medio de los 2 cojines, los cuales cuentan con materiales deslizantes que facilitan el giro del cuerpo al precisar un menor esfuerzo para cambiar de orientación rápidamente.

De gran ayuda para poder ajustar la orientación del usuario por sí mismo de una manera rápida y sencilla, al igual que mantenerlo en la posición requerida para entrar o salir del vehículo. Algunos modelos cuentan con calefacción o se fabrican a partir de espumas de memoria para adecuarse a la anatomía del usuario.



Fig. 3. Cojín giratorio colocado en asientos frontales del auto. [18]

→ Superficie de transferencia

Dispositivo que necesita una instalación para mantenerse fijo en el auto, a diferencia de los anteriores accesorios que pueden colocarse y retirarse al momento, cuenta con un funcionamiento que puede ser de tipo manual o motorizado, pensado y diseñado para ayudar a personas discapacitadas o de edad avanzada con movilidad remota.

Funciona como una ‘extensión’ del asiento al permitirle al usuario el poder quedar a nivel de los asientos desde fuera de la estructura del automóvil y simplemente deslizarse y girar para poder depositarse en el asiento frontal. Puede ser abatible y de esta forma girarse hacia atrás y colocarse en el marco tipo pilar que se encuentra entre las puertas delantera y trasera.



Fig. 4. Superficie de transferencia instalada en un automóvil. [18]

→ Escalón escamoteable

Pequeño peldaño que se instala en la parte inferior de la carrocería conocida como estribos, puede ser abatible o no abatible durante la puesta en marcha del auto y tiene como finalidad el disminuir el espacio de altura que existe entre el asfalto o pavimento y el piso del vehículo y ayudar al usuario a evitar esfuerzos y eliminar golpes conocidos como ‘sentones’ al dejarse caer para poder llegar al asiento al momento de ingresar al automóvil.



Fig. 5. Escalón de tipo abatible colocado en la parte inferior del vehículo. [18]

2. Asientos multifunción

Modificaciones al asiento diseñado de fábrica del auto, con finalidad de lograr de manera rápida y muy sencilla alguna de las funciones como giro, desplazamiento, elevación o extracción.

→ Base giratoria

Montada sobre los soportes del suelo de la estructura original del asiento, permite que el asiento pueda girar 90° hacia la izquierda o derecha (dependiendo de la posición del usuario) y que salga por encima del umbral de la puerta, eliminando la diferencia de posición y alturas entre el usuario y el asiento.

Ideal para personas postradas en silla de ruedas o con movilidad limitada, sin embargo, no es un accesorio fácil de agregar por lo que su precio se establece de alrededor de \$10,000 pesos mexicanos dependiendo por supuesto del vehículo en el que se instale, la cantidad de ajustes realizadas y el vendedor.



Fig. 6. Base giratoria o también llamada 'Turny' o asiento de valet. [18]

→ Asiento de tipo basculante

Como su nombre lo indica, es un dispositivo diseñado para poder posicionar el asiento en 3 ejes de dirección al maniobrar continuamente y equilibrar la posición del usuario continuamente. Se combina con la base giratoria para lograr mayores resultados.



Fig. 7. Asiento basculante en operación. [18]

→ Asiento giratorio elevable

El asiento gira 90° para poder colocarse de frente a la puerta, posteriormente, mediante mecanismos de acción, es levantado y empujado hacia el exterior para poder situarse a nivel del asiento de una silla de ruedas que se encuentra en el exterior del vehículo.



Fig. 8. Utilización del dispositivo giratorio elevable. [18]

3. Sistema especial de asiento del vehículo convertido en silla de ruedas

Tal como su nombre lo indica, en este tipo de modificación se deben tomar en cuenta 2 sistemas principales, encontrar un asiento que sea compatible con la estructura de una silla de ruedas, y realizar el ajuste tanto a nivel del vehículo como de la silla, teniendo especial cuidado en conservar las mismas alturas y cuidar las tolerancias de ensamble que debe contener el sistema.

El mecanismo más común consiste en una base giratoria dentro del vehículo ya sea en el asiento del piloto o copiloto, una estructura rígida que contenga rieles y un chasis con ruedas, el asiento gira 90° desde el interior del vehículo para poder engancharse a la estructura rígida permitiendo mediante los rieles que el asiento se deslice y ensamble en ella. Posterior a esto el usuario puede seguir moviéndose mediante la utilización de una silla de ruedas.



Fig. 9. Asiento de vehículo híbrido convertido en silla de ruedas. [18]

4. Grúas

→ Elevador portátil

Uno de los mejores aditamentos posibles, ya que se instala por fuera del vehículo en la parte superior sobre unas guías, lo que le permite ser desmontable y guardarse dentro de un tubo que se sujeta en el techo. El usuario se balancea hacia dentro o hacia fuera del vehículo a lo largo de la guía que corre sobre una barra vertical por medio de deslizamiento.



Fig. 10. El elevador portátil de personas operando. [18]

5. Modificación en la estructura del automóvil

En este caso los vehículos son modificados directamente desde la fabricación del auto o por organizaciones que prestan sus servicios al cambio y a la reestructuración de la funcionalidad del vehículo para las necesidades que se requieran, por lo que termina siendo una opción demasiado cara y tardada en cuanto al tiempo de entrega del automóvil. De igual forma, solamente se realizan las modificaciones en camionetas tipo SUV, miniván o de carga, para personas en sillas de ruedas que requieran rampas de acceso o poder incorporarse al auto dentro de su misma silla.



Fig. 11. Camioneta modificada con rampa de acceso. [19]



Fig. 12. Van estándar con plataforma fija. [19]



Fig. 13. KIA SOUL modificada con rampa eléctrica incorporada al vehículo.

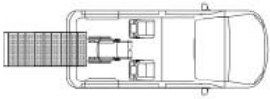
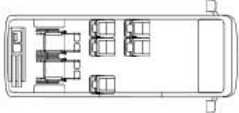
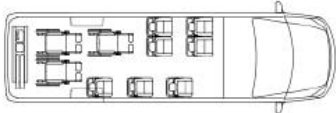
Tipo de camioneta	Van compacta	Van estándar	Van extra larga
Modelos de camionetas	Teppe, Caddy, Kangoo, Rapid, Rifter, Grand raid, Suv	Tranporter, Urvan, Hiace, Transit, Ducato 9.5, ProMaster 1500	Crafter manager, Ducato, Sprinter, Promaster
Recomendación de plano ubicación			
Número de ingreso de silla de ruedas	1 silla de ruedas	2-3 sillas de ruedas	+3 sillas de ruedas
Mecanismo de acceso	Rampa Roll a Ramp portátil o manual fija	Rampa Roll a Ramp (portátil o manual fija) y plataformas (Mariana, Dhollandia, Braun)	Plataformas (Mariana, Dhollandia, Braun)
Anclaje	<ul style="list-style-type: none"> Manual tipo matraca Retráctil Anclaje 360° 	<ul style="list-style-type: none"> Manual tipo matraca Retráctil Anclaje 360° 	<ul style="list-style-type: none"> Manual tipo matraca Retráctil Anclaje 360° Riel tipo L (FOTRADIS)
Elaboración de cajón para ganar altura	Sí	No	No
Modificación de suspensión	No	No	No
Tiempo de entrega	5-6 semanas	4-5 semanas	5-6 semanas

Tabla 5. Diferentes tipos de modificaciones para diversos modelos de camionetas. [19]

De manera general, se presentan las siguientes características y deficiencias de los productos presentados. Cabe mencionar que los criterios fueron propuestos por el autor y la forma de calificar se obtuvo a partir de la opinión del usuario para el proyecto:

<i>Dispositivo y/o modificación</i>	<i>Costo</i>	<i>Funcionalidad</i>	<i>Facilidad de operación</i>	<i>Asistencia al usuario</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Facilidad de armado</i>
Accesorios						
Cinta de asistencia	√	×	×	×	√	√
Barra de ayuda	√	×	×	×	√	√
Cojín giratorio	×	×	×	×	√	√
Superficie de transferencia	×	√	×	√	×	×
Escalón escamoteable	×	√	×	√	×	×
Asientos multifunción						
Base giratoria	×	√	×	√	×	×
Asiento de tipo basculante	×	√	×	√	×	×
Asiento giratorio elevable	×	√	×	√	×	×
Sistema especial de asiento del vehículo convertido en silla de ruedas						
	×	√	×	√	×	×
Grúas						
Elevador portátil	×	√	×	×	×	×
Modificación en la estructura del automóvil						
	×	√	×	×	×	×

Tabla 6. Ventajas y desventajas de cada dispositivo y/o modificación.

Donde:

√ ----> Se considera que el dispositivo y/o modificación si cumple con la condición.

× ----> Se considera que el dispositivo y/o modificación no cumple con la condición.

De la tabla 6 podemos identificar que la mayoría de los dispositivos existentes cumplen con los aspectos de funcionalidad (que tan eficiente es de usarse) y de asistencia al usuario (cuánto logran o ayudan asistir a la persona a subir o bajar del vehículo), sin embargo, no pueden

encontrarse en un costo accesible o promedio ya que requieren diferentes métodos y procesos, así como de instalaciones para su utilización.

Así mismo, la facilidad de operación, facilidad de armado y dimensiones se encuentran como características críticas, ya que ningún producto en el mercado cuenta con un volumen pequeño para poder ser utilizado en cualquier tipo de automóvil y para cualquier tipo de persona y necesitan de diversos componentes o partes ensambladas en conjunto para poder operar correctamente, y llegar a una facilidad de la misma, situación que no ocurre debido a la complejidad de los mecanismos y estructuras diseñados actualmente.

Capítulo 2: Método de diseño

A lo largo del correr del tiempo, el hombre se ha visto en la problemática de poder encontrar soluciones y respuestas a las necesidades que naturalmente se han ido presentando. Dichas necesidades a su vez han cambiado y evolucionado con el paso del tiempo, al igual que la tecnología y el pensamiento humano. En principio el mismo hombre era quién debía buscar la solución a la necesidad que él sentía, dando como resultado el utilizar un proceso que no se identificaba tiempo atrás como tal.

Hoy en día, los problemas y necesidades son muy diferentes, por lo que la manera de encontrar soluciones y respuestas a dichos problemas también ha cambiado, teniendo hoy en día dos partes esenciales para poder encontrar la solución de una necesidad: diseñar y fabricar. Para la primera se han ido desarrollando diversas metodologías o procesos de diseño, que no son más que una serie de pasos o un instructivo que se debe seguir con la finalidad de poder encontrar, recopilar, entender y comprender de forma documentada la solución para una necesidad, y de esta manera, poder ser posteriormente fabricada.

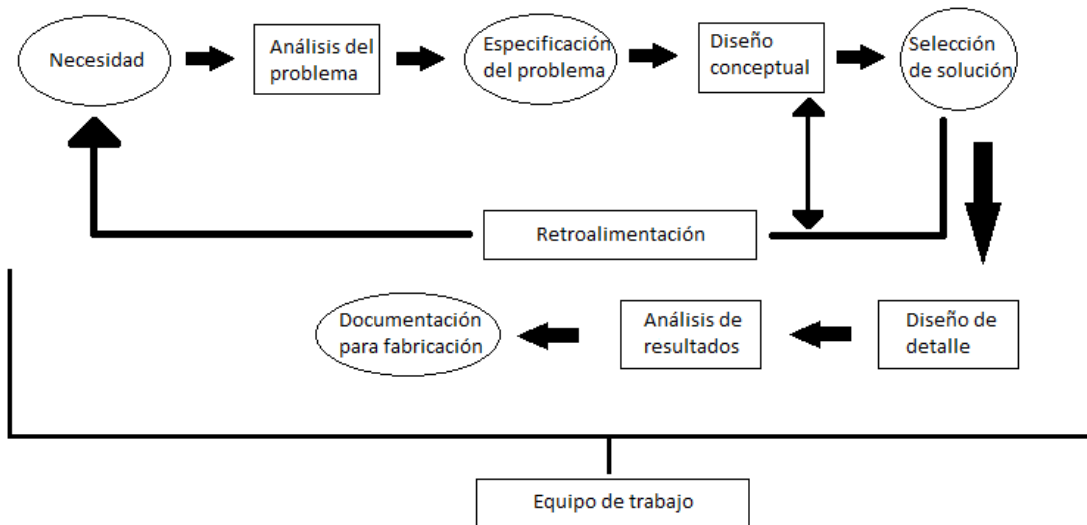


Fig. 14. El proceso de diseño según el modelo de French. [20]

En la figura 14, se muestra la serie de pasos que se pretende utilizar para poder llegar a la solución deseada, cada uno de los pasos que conforman el proceso general de diseño tienen a su vez, una metodología propia bajo la cual se realizan. A continuación, se hace una explicación de la metodología empleada en esta investigación y en cada paso del proceso de diseño, así como la función de cada parte dentro del proceso.

2.1. Análisis del problema

El comienzo de todo inicia con la aparición de una necesidad y como se puede comprender para encontrar alguna solución. Al final de esta sección, se plantea una respuesta que pueda dar dicha solución partiendo del objetivo planteado para el proceso de diseño. La gran ventaja de esta primera etapa es que brinda una aproximación muy buena para comprender la problemática a la que se está enfrentando el diseñador.

En esta etapa se tienen diferentes fases, que son:

- *Comprensión de la necesidad*

Implica identificar el *Estado de la técnica*, se investiga qué es lo que ha provocado o producido dicha necesidad, se encuentran las causas y motivos del problema y lo más importante, qué es lo que se ha hecho hasta la fecha actual para poder cubrir o solucionar la problemática que se presenta y si ha funcionado o no. Es de suma importancia el poder hacer este paso de manera correcta y dirigida, ya que, de lo contrario, una investigación extensa y agobiante conducirá al desvío de la atención a la problemática y no permitirá una comprensión correcta sobre la necesidad a satisfacer y desembocará en el diseño repetitivo de algo que no funcionó.

De igual forma, es importante el poder tener una atención o centrarse de cierta forma en el usuario. Saber qué es lo que quiere, como lo quiere, y que esperar obtener de ello. Realizar diversas entrevistas a quién presenta la necesidad y a las personas que conforman su entorno e interactúan de manera directa con el usuario.

- *Definición del problema*

A partir de los conocimientos de la investigación realizada y después de procesar la información adquirida como primer paso, se tiene un punto de partida sobre el cual empezar y se comienza a definir de manera más clara y sencilla la problemática a resolver. Al igual que en el punto anterior, si para esta instancia no se llega con una noción clara e identificada de manera correcta el problema presentado, el diseño caerá en inconsistencias al momento de plantear las diferentes opciones de diseño que servirían de solución. Una manera de evitar que suceda lo anterior, es revisar los objetivos del proceso de diseño constantemente para poder elaborar de manera correcta los propósitos de diseño.

- *Objetivo*

El alma de la investigación y el propósito de su realización. Después de la investigación del estado de la técnica, el o los objetivos del proceso de diseño engloban de manera clara pero precisa todo lo investigado anteriormente.

2.2. Especificación del problema

En esta parte, se comienza a convertir a la necesidad (que se puede considerar para marcar cualquier atributo de un potencial producto que es deseado por el cliente [21]) en características que contendrá el dispositivo para poder cumplir con lo que el usuario requiere. Cabe destacar que el proceso de poder comprender y entender el problema, muchas veces no es cosa sencilla, lo que conlleva al riesgo de obtener o de diseñar una solución incorrecta.

Para evitar caer en la confusión mencionada anteriormente, es conveniente el identificar y conocer cada uno de los siguientes conceptos [24]:

➤ *Planteamiento del problema.*

El poder realizar dicho planteamiento y comenzar a buscar una solución tiene 2 maneras de hacerlo. La primera es mediante la presentación de las funciones o características que debe cumplir el dispositivo. Y la segunda consiste en conocer qué es lo que el usuario quiere que contenga el dispositivo, a esto se le conocen como requerimientos de diseño. [22]

➤ *Requerimientos de diseño*

Se les llama así a las características o deseos que el usuario tiene con respecto a lo que se piensa diseñar. Son mencionados de manera burda y abstracta en la mayoría de las veces, pero dichas expresiones son útiles para crear un sentido claro de los problemas que son de interés para los usuarios. Sin embargo, sirven de muy poco respecto a cómo diseñar y construir el producto ya que el mismo usuario en la mayoría de las veces no sabe qué es lo que quiere. Por lo que es necesario el realizar una revisión de los dispositivos y diseños ya existentes en el mercado y en literatura especializada en el tema en cuestión.

Los requerimientos de diseño responden a preguntas que comúnmente se engloban en: ¿qué es lo que el usuario quiere? y ¿qué es lo que necesita? De la respuesta a estas preguntas, los requerimientos comienzan a ser clasificados de 3 formas [23]:

1. *Restricciones:* Características que son condicionadas y fijadas por el usuario y/o diseñador (es).
2. *Criterios:* Son condiciones no restrictivas pero deseables a que se logren dentro de las características (posteriormente son identificadas como especificaciones) finales del diseño de solución.
3. *Variables de solución:* Son dichos aspectos sobre los cuales el diseñador cuenta con la libertad de modificar.

El siguiente paso, después de tener los requerimientos bien conocidos y entendidos, es plantear o implementar una importancia/jerarquía o una distinción entre ellos, para poder

enfocarse en lo que debe contener lo que se quiere diseñar y qué contiene lo que el usuario desea, en otras palabras, *'lo que el producto tiene que hacer'*. Dicha importancia se realiza mediante una evaluación que puede ser de diferentes formas [21]:

- ✓ Evaluación por medio de expertos o algún equipo de diseño

En este tipo de evaluación, los requerimientos se le plantean o se exponen ante una o varias personas con experiencia en el ámbito del diseño, con la finalidad de obtener como resultado una lista ordenada y clara, además de clasificada de mayor a menor importancia de los requerimientos en cuestión.

- ✓ Evaluación realizada por el usuario

Al igual que en el modelo anterior, el mismo diseñador discrimina los requerimientos de acuerdo con su pensamiento subjetivo, que muchas veces se encuentra encaminado hacia lo que el usuario desea, cuando debería ser hacia lo que el usuario requiere.

- ✓ Matriz comparativa o por pares

Como su nombre lo indica, en este procedimiento los requerimientos se comparan entre pares de acuerdo con su importancia relativa, lo que la diferencia de los métodos anteriores es la imparcialidad con la que cuenta, ya que compara directamente los requerimientos uno contra otro y de esta manera, se determina cuál requerimiento cuenta con más importancia entre los 2. Para poder realizarla se debe asignar un valor de 0 (peor que), 1 (igual que) o 2 (mejor que), posteriormente se comienza a comparar renglón contra columna de uno en uno contra los demás hasta lograr una comparación de todos entre todos. Finalmente, para poder determinar el grado de importancia expresado en porcentaje, se hace un conteo de la cantidad de puntos de importancia obtenidos para cada requerimiento en cada renglón, y el requerimiento que obtuvo mayor cantidad es el que cuenta con una mayor importancia sobre los demás, y así sucesivamente.

Para fines de la investigación y de poder implementar lo mostrado con anterioridad, dichas formas de evaluación fueron adaptadas dentro del Despliegue de la Función de Calidad (QFD por sus siglas en inglés), que se explica a continuación.

2.3. Despliegue de la Función de Calidad QFD (del inglés *Quality Function Deployment*)

Quality Function Deployment, es una metodología que tiene sus pilares de operación en contar durante todo el desarrollo de un nuevo producto con la opinión del consumidor del producto, desde aquí se puede identificar que es una metodología enfocada en el usuario desde el primer momento, el cual se identifica y le son entendidas y registradas las demandas (necesidades) con las que él desea que contenga el producto, dando origen a los objetivos de diseño.

Una explicación del procedimiento del método de manera sencilla puede ser la siguiente:

-Sí desde el inicio del proceso de diseño, se han conocido y establecido de manera clara y ordenada, además de legible los requerimientos del usuario, y se hace todo lo posible por mantenerlos dentro de todas y absolutamente todas las fases del ya mencionado proceso de diseño, se tendrá como resultado un producto final que corresponde real y acertadamente con lo que el usuario espera, y por ende, solucionará su problema-. [21]

Esta metodología es de gran utilidad para el trabajo actual, ya que además de ser considerada como un método de diseño, es utilizada como un método de rediseño. Pues está basada en el estudio de un producto o de algo que ya existe y permite identificar las posibles oportunidades que se lleguen a presentar para implementarse en cambios o mejoras de lo ya existente y de esta manera, innovar.

El procedimiento QFD se basa en la utilización de 4 matrices o 4 casas, las cuales permiten avanzar y obtener distintas características que el producto final obtendrá, en este trabajo se centrará la atención en la primera casa denominada como la “Casa de la Calidad” (*HOQ, House of Quality*), que centra su atención en la obtención de especificaciones del producto a partir de requerimientos, en otras palabras, la Casa de la Calidad se utiliza para comprender la voz o requerimientos del usuario y lo traduce en términos ingenieriles, parámetros técnicos o, sencillamente, especificaciones.

Esta primera matriz también es conocida como la matriz de QUÉ’s / CÓMO’s. Los requerimientos ingresan a la Casa de la Calidad como los QUÉ’s ya que “es lo que se quiere”, y saldrán como los COMÓ’s, que terminarán siendo los parámetros del diseño.

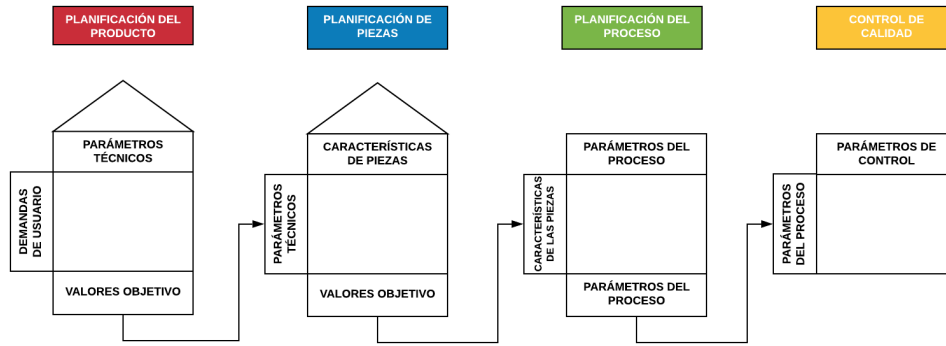


Fig. 15. Las 4 matrices o 4 casas de QFD. [24]

Algo que es importante de mencionar en esta metodología y que proporciona una ayuda muy importante al diseñador, es que la matriz 1 proporciona la importancia jerárquica de cada una de las demandas, partiendo y tomando en consideración al equipo de diseño, así como al usuario en todo momento como ya sea mencionado.

La estructura general del gráfico de la primera casa del método QFD es el siguiente:

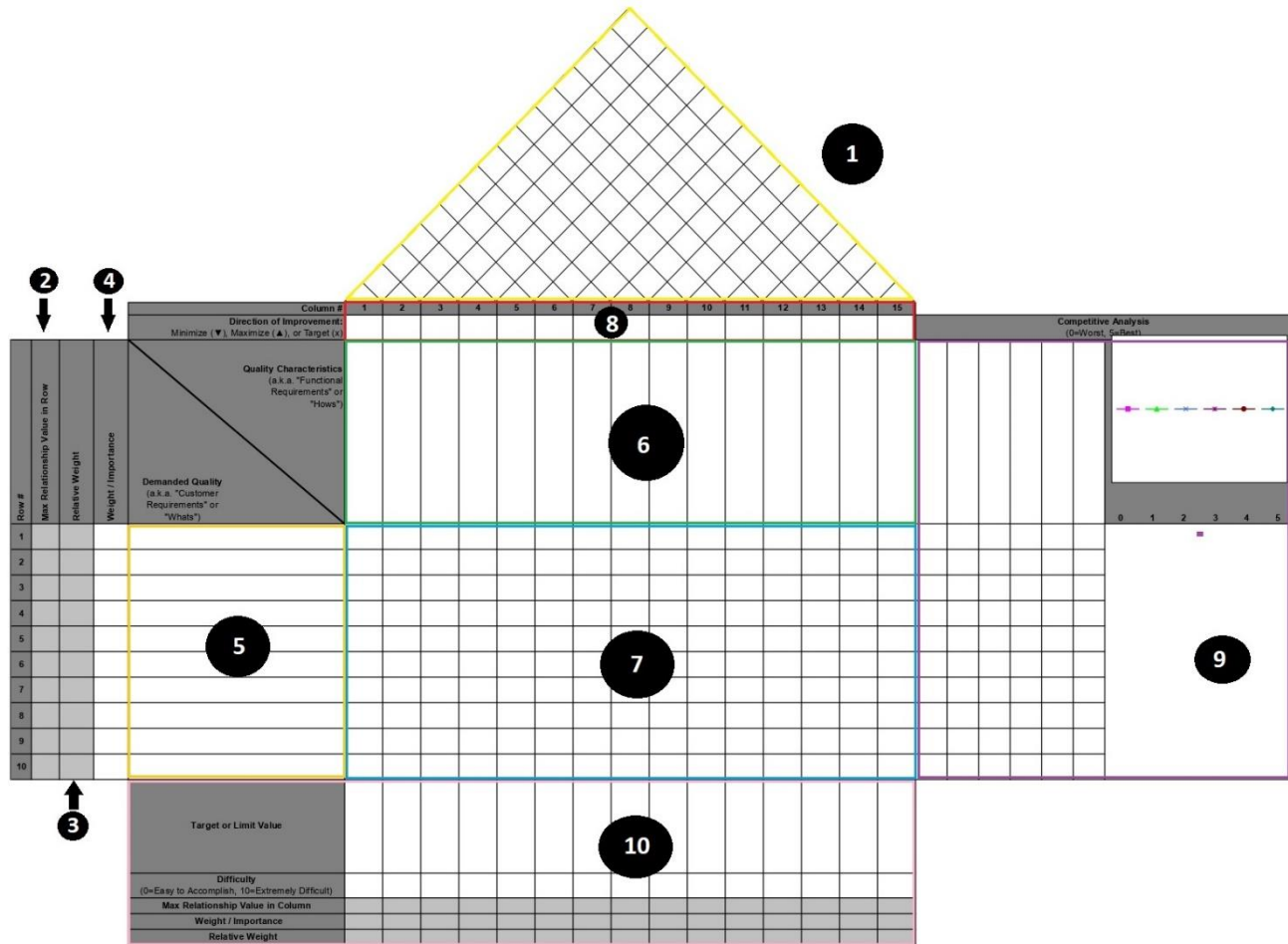


Fig. 16. La primera casa de QFD denominada como “Casa de la Calidad”

Para poder entenderlo de una mejor manera, las diferentes zonas que conforman a la primera casa se irán identificando una a una de una manera más intuitiva.

- **ZONA 5:** Se encuentran plasmadas en esta sección las necesidades y/o requerimientos del usuario.
- **ZONA 4:** Las necesidades se encuentran ponderadas en esta sección por el usuario de menor a mayor importancia, en un rango de 5 a 10, en donde 5 corresponde a *menos importante* y 10 a *mayor importancia*.
- **ZONA 3:** De acuerdo con la ponderación realizada por el usuario, el software computacional *QFD Online* brinda un valor de importancia o peso relativo de cada uno de los requerimientos de mayor a menor cantidad.

- **ZONA 6:** Se enlistan los parámetros técnicos o especificaciones bajo los cuales se basarán los atributos del producto para poder satisfacer al cliente.
- **ZONA 7:** En esta sección, se relacionan los requerimientos de la zona 5 con las especificaciones de la zona 6 mediante 3 niveles de correlación, relación alta, relación media o relación baja, cabe mencionar que cada una de estas correlaciones cuenta con un valor especificado y es bastante común la utilización de la siguiente simbología:




Valor	Significado	Simbolo
9	Correlación Muy Fuerte	
3	Correlación Fuerte	
1	Correlación Débil	

Fig. 17. Escala de la casa de la calidad.

- **ZONA 2:** En función de que tantas correlaciones se marcaron en la zona 7, esta sección se utiliza para poder identificar el valor máximo de correlación que aparece en el renglón para el requerimiento.
- **ZONA 9:** Este apartado se utiliza para poder hacer una comparación gráfica de los atributos con los que cuenta nuestro producto o dispositivo en cuestión, contra los demás dispositivos de la competencia y en qué grado pueden cumplir con las necesidades del cliente.
- **ZONA 8:** Dicha sección se utiliza para poder obtener las contradicciones entre especificaciones de diseño, se procede llenando el renglón marcado el cuál determina que es lo óptimo para cada parámetro, que sea maximizado (representado con una flecha hacia arriba [\uparrow] o [+1]), minimizado (representado con una flecha hacia abajo [\downarrow] o [-1]) o que se mantenga dentro de un margen establecido (representado por una cruz [X] o un círculo [O]), por ejemplo, se desea que el peso sea minimizado así como el número de partes pero se necesita ser maximizado el periodo de mantenimiento que deberá tener el producto. Dicha evaluación es en cierto grado independiente a las anteriores, ya que no toma en cuenta las importancias relativas de los requerimientos, sino que se realiza para poder ser tomado en cuenta por el diseñador en la matriz de contradicciones (zona 1).

- **ZONA 1:** También conocida como ‘el techo de la casita’, es la parte donde se concentra la matriz de contradicciones entre especificaciones, el llenado de esta sección permite saber acerca de la relación que conservan las especificaciones entre sí y de poder verificar si los parámetros técnicos cumplen con características que se mencionaran en la siguiente sección (universales, medibles, ortogonales, etc.) La relación entre especificaciones puede presentarse la siguiente manera:

++	Correlación Positiva Fuerte
+	Correlación Positiva
-	Correlación Negativa
▼	Correlación Negativa Fuerte

Fig. 18. Escala de la matriz de contradicciones de la casa de la calidad. [26]

- **ZONA 10:** La sección con más importancia de toda la casa de la calidad, ya que en esta zona se describen 5 renglones que a continuación se explican ordenados de manera descendente:
 - **Métrica o valor límite:** Es la unidad con la cuál podremos cuantificar las especificaciones de diseño en un rango o cantidad.
 - **Dificultad:** Que tan complicado es lograr dicho valor límite, desde 0 (fácil de lograr) hasta 10 (extremadamente difícil de lograr)
 - **Valor máximo de relación que aparece en la columna:** Al igual que en la zona 2, se muestra cuál es el valor máximo de correlación presente en la columna de cada especificación.
 - **Peso / Importancia:** El software *QFD Online* otorga un valor en porcentaje para cada una de las especificaciones, comparando las correlaciones realizadas entre sí, al igual que con los requerimientos para poder apreciar cuál de todos los parámetros técnicos pueden considerarse como el más importante o de mayor valor, al igual que para las demás especificaciones de manera sucesiva y descendente.
 - **Peso relativo:** Al igual que en la zona 3, se brinda un valor de importancia relativa para cada especificación que corresponde directamente con el porcentaje obtenido en el renglón anterior.

De manera general, la simbología representativa de la primera casa de QFD es la siguiente:

Leyenda		
⊖	Relación Fuerte	9
○	Relación Moderada	3
▲	Relación Debil	1
++	Correlación Positiva Fuerte	
+	Correlación Positiva	
-	Correlación Negativa	
▼	Correlación Negativa Fuerte	
▼	Objetivo para minimizar	
▲	Objetivo para maximizar	
X	Objetivo para ser logrado	

Fig. 19. Simbología general para cada una de las zonas de la casa de la calidad. [27]

2.4. Diseño conceptual

La parte más importante de todo el proceso de diseño es donde el diseñador o equipo de diseño comienza a dar forma a la solución mediante la realización de bosquejos a mano alzada, que contienen los principios básicos de operación o funcionamiento o simplemente contienen las ideas del diseñador pensadas de manera que puedan brindar una noción clara de cómo resolver los requerimientos del problema.

Es la parte vital del proceso ya que, para estas instancias, se debe llegar con una claridad y comprensión total de que es lo que se necesita y se desea.

Al momento de empezar a generar las posibles soluciones, debe considerarse el contar con las ya existentes en el mercado a partir de una investigación *benchmarking*, así como nuevas ideas que son generadas por el diseñador y/o el equipo de diseño utilizando diferentes técnicas como las que se presentan a continuación:

→ Estudio de soluciones existentes

Es importante el conocer las diferentes opciones de soluciones que existen al momento de realizar el proceso de diseño para poder cubrir la necesidad del usuario. Es posible basarse en lo ya hecho y mejorar en diferentes cuestiones una idea ya existente. Sin embargo, pueden existir algunos casos en los que las soluciones existentes no puedan o no logren cumplir con lo que se requiere o no sea lo que el usuario desea. Por lo que se pueden utilizar como referencia para generar la solución en proceso al modificarlas o identificando que partes o elementos son necesarias y/o deseables y cuales no lo son.

Una parte importante del diseño conceptual es el denominado *Análisis Funcional*, ya que permite segmentar las propuestas de solución de un todo hacia diversas partes o funciones en específico para poder conjuntarlas al final de dicha etapa en diversos modelos de solución.

→ Análisis Funcional

Se centra en el tipo de funcionamiento (operación) que deberá realizar el producto, solución o dispositivo final, empieza, sobre todo, realizando un planteamiento funcional.

→ Planteamiento Funcional

En esta etapa se definen las condiciones que se busca pueda resolver el dispositivo o producto. También se conoce como técnica de la “caja negra”. Dicha técnica permite conocer a las condiciones iniciales como entradas y a las condiciones finales como salidas. Además de entender de qué manera se relacionaron las condiciones iniciales para poder plantear y definir un estado final, en donde dicho estado es el cumplimiento de las necesidades del cliente.



Fig. 20. Modelo de “caja negra” [24]

De igual manera, dentro de la caja negra se encuentra la manera en cómo trabajara el dispositivo o producto utilizando funciones y subfunciones que interactúan entre sí. En otras palabras, la caja negra cubre todo el núcleo de funcionamiento y operación del diseño planteado. También se le conoce a la parte media como “caja transparente”.

Es importante mencionar y hacer notar que, en esta parte del proceso, solamente se plantean las ideas y los principios de operación básicos. Posteriormente, se buscarán los medios a través de los cuales se pretende llegar a la solución de manera satisfactoria de la necesidad del usuario.

→ Diagrama Funcional

Muy parecido al modelo de caja negra. Sin embargo, en este diagrama se detallan los componentes y/o elementos que conforman al producto, dispositivo, prototipo, etc.; sistema por sistema, con la finalidad de ser auxiliar en el diseño conceptual de 2 maneras:

1. Generar conceptos que den soluciones a los requerimientos del prototipo.
2. Evaluar dichas soluciones y posteriormente poder seleccionar los conceptos que satisfagan las especificaciones de diseño anteriormente citadas.

El diagrama funcional ejerce de auxiliar en la generación de dichos conceptos, al poder realizar un análisis de funcionamiento de manera más objetiva y especializada.

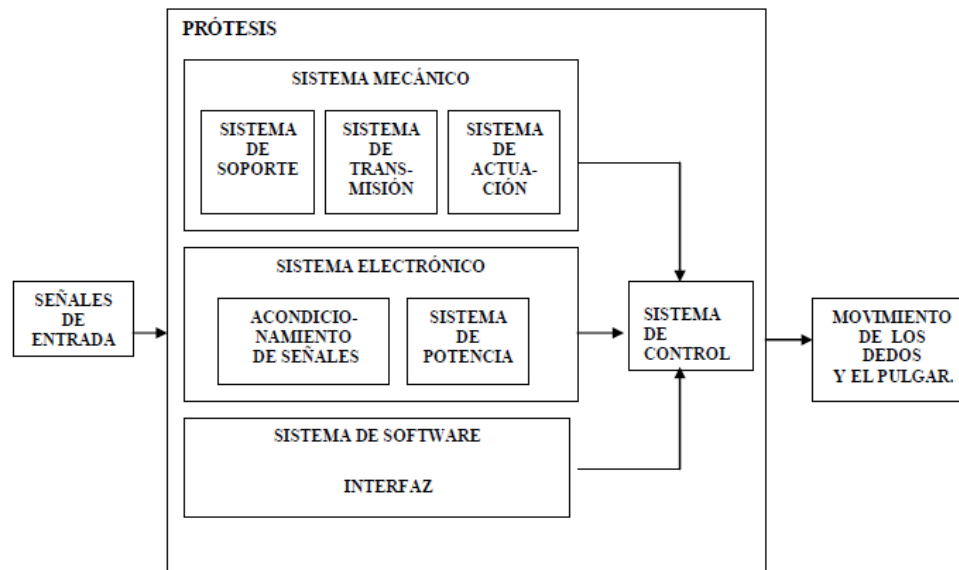


Fig. 21. Diagrama de funciones del diseño de prototipo de prótesis electrónica de mano [25]

2.5. Matriz morfológica

Una técnica y parte de gran utilidad en el proceso de diseño. Su objetivo es el de poder ampliar la búsqueda de soluciones para una operación o función en específico, al igual que para diversas sub-operaciones o subfunciones necesarias para poder llevar a cabo el trabajo esperado. Como su nombre lo indica el análisis morfológico estudia la forma, por lo que se enlistan todas y cada una de las funciones y subfunciones planteadas a ejecutarse, para poder realizar como segundo paso, una serie de combinaciones de alternativas entre operaciones principales con sub-operaciones secundarias, el diagrama de matriz morfológica permite obtener un número grande de combinaciones posibles de entre los componentes del sistema, dando algunas posibles y otras no tanto, algunas ya existentes y otras que deben iniciarse desde cero. Es tarea del diseñador o equipo de diseño el poder calificar o clasificar las diferentes combinaciones obtenidas, y poder realizar diversas selecciones para poder escoger aquellas propuestas de solución que sean las más acordes, baratas, rápidas o cuál sea que el diseñador tenga en mente para cumplir con el objetivo de diseño.

Finalmente, al momento de tener ya una o varias opciones de solución elegidas, se procederá a calificarlas y darles un orden de importancia para poder escoger la mejor y una y solo una variante de solución a la necesidad.

2.6. Diseños preliminares

En esta etapa, a partir de los resultados de la matriz morfológica y como parte del diseño final, se establece una lluvia de ideas en forma de bocetos a mano alzada por parte del diseñador o el equipo de diseñadores, dicha lluvia de ideas tendrá involucrados cada uno de los requerimientos planteados. La finalidad de esta parte es la de poder esquematizar el funcionamiento del dispositivo en cuestión, algunos de estos bocetos estarán basados en los modelos ya existentes en el mercado, algunos otros serán ideas completamente nuevas e inclusive pueden pensarse diseños híbridos.

Cabe mencionar que, para fines prácticos del diseño, los bocetos pueden estar especializados o enfocados en una función en particular de funcionamiento siempre y cuando pueda cumplir con el objetivo de diseño.

Dichos dibujos son de gran utilidad para poder plasmar una visión aproximada de lo que se quiere lograr con el diseño a partir de tener diferentes combinaciones de solución para los diferentes sistemas que contendrá el dispositivo.

2.7. Selección de solución

En esta sección se evalúan las distintas opciones de combinación de solución obtenidas. Y de esta manera, poder decidir el tipo de opción que mejor se adapta a los requerimientos y necesidades del usuario. Y brindar cierta certeza o seguridad de que cumplirá con las especificaciones de diseño obtenidas a partir de la matriz QFD.

El tipo de metodología escogido para poder realizar dicho proceso es la técnica de la matriz de decisión.

➤ Matriz de decisión

De acuerdo con una evaluación realizada con base en una escala y porcentaje asignado por el diseñador, en las matrices de decisión se califican los conceptos obtenidos en procesos anteriores. Dicha evaluación logra calificar qué tanto cumple cada opción de concepto de solución con las especificaciones de diseño. Para posteriormente, comparar todas las calificaciones finales obtenidas por cada concepto y poder definir al concepto ganador a partir de la calificación más alta percibida. En otras palabras, se encontrará el diseño más adecuado y óptimo para ser utilizado.

2.8. Diseño de detalle

Posterior a la selección de la propuesta de solución final, se deben definir por completo todos y cada uno de los componentes que contendrá dicha propuesta de diseño, por lo que se hará uso de un software de dibujo asistido por computadora (CAD por sus siglas en inglés). La finalidad del diseño detallado de los componentes no es otra que el poder identificar aspectos específicos y característicos del dispositivo diseñado, aquellos que lo vuelven único e innovador además de relevante.

Algunos aspectos específicos pueden llegar a considerarse como:

- Planos de detalle: Documentos que contienen plasmados el estudio e investigación de diversos componentes, así como la representación a escala de diferentes secciones y vistas de la opción elegida de diseño. Dentro de los planos de detalle, puede encontrarse lo siguiente:

→ *Geometría*

Debe contener acotaciones que demuestren y prueben que cumple con la forma que indicaban los requerimientos.

→ *Dimensiones*

El diseño final cumple con los tamaños especificados.

→ *Funcionalidad*

El cliente es quién decide si la propuesta de diseño cumple con sus expectativas, y de esta manera puede verificar en el plano una aproximación del funcionamiento del dispositivo para atacar y resolver la problemática.

→ *Ergonomía*

Como ya se ha mencionado en el capítulo 1, existen diversos aspectos que pueden necesitar más atención para ser ergonómicamente mejores (adaptación a la antropometría del usuario, facilidad de uso, comfortable, etc.).

→ *Materiales*

Dentro de la selección de materiales se comienza a dar una mejor noción del resultado final del diseño, de acuerdo con los requerimientos de diseño los materiales se escogen para cumplir ciertos parámetros o criterios como pueden ser tener un bajo peso, contar con una alta resistencia mecánica, que sea fácil de maquinar y manufacturar o contar con resistencia a la corrosión, por mencionar

algunos. Estos varían de acuerdo con el objetivo de diseño y a la necesidad del usuario.

→ *Costos*

Un aspecto que debe equilibrarse con la relación precio-calidad, si desde un inicio se sigue una línea de mantener un costo fijo que sea económico, se corre con el riesgo de no contar con los materiales adecuados o con los medios necesarios para la correcta realización del diseño. Un costo alto implica una menor cantidad de personas que pueden tener acceso al diseño y un costo muy bajo no garantiza la relación ya mencionada.

- Procesos de manufactura: Estos van directamente ligados con el tipo de material escogido para la elaboración del dispositivo y con los planos de detalle, ya que, si se escogen materiales con altas propiedades mecánicas o difíciles de conseguir, se debe utilizar maquinaria especial para su procesamiento y en la mayoría de los casos, muy costosa.

Si en los planos de detalle se cuenta con geometrías complejas y tolerancias mínimas, debe considerarse la utilización de herramental de precisión y de un operador certificado o, por otro lado, utilizar maquinaria a base de control numérico por computadora (CNC).

Para poder determinar un proceso de manufactura ideal y correcto, se debe contar con gran experiencia y conocimiento completo de la mayoría de los procesos clásicos, actuales y los más innovadores para tener un catálogo amplio de opciones.

- Planos de ensamble: Documentos que contienen la correcta manera de armar y/o unir cada uno de los componentes del dispositivo o producto, debe contener una completa acotación de cada una de las medidas, llevar un orden lógico de manera que cualquier persona pueda entender el procedimiento de ensamble y tiene que estar lo más completamente definido en cuanto a tolerancias y normas si se requieren hacer uso de ellas.

2.9. Análisis de resultados, trabajo a futuro y conclusiones

En esta última fase del proceso se puede llegar con prototipo del modelo final, o de la aproximación más cercana, pudiendo ser de manera virtual o física. El propósito del prototipo es el de poder apreciar los diferentes aspectos y características que conformarían al modelo y que se desea que contenga. De igual manera y aunado al modelo de prototipo puede tenerse algún análisis de elemento finito (FEM), una simulación de la manufactura que se emplearía o incluso

alguna animación del funcionamiento final esperado del dispositivo por mencionar algunos ejemplos.

- *Análisis de diseño:* Para el análisis del diseño se realiza la comparación de lo logrado en comparación de los objetivos, con la finalidad de poder concluir si el trabajo cumplió o no su propósito.
- *Propuestas de mejora:* Siempre se puede llegar a algo mejor, por lo que, en esta sección, después de analizar el resultado final obtenido y poder apreciar algunos errores que pueden aparecer y que son a lo que está expuesto el diseño, se brindarán diversas propuestas o modificaciones a manera de cambios en el diseño, con la finalidad de poder resaltar y mejorar el funcionamiento, eficiencia o calidad del dispositivo.
- *Trabajo a futuro:* De acuerdo con los alcances del proyecto, se realiza una pequeña recomendación o breve explicación sobre qué es lo que seguiría posteriormente con el proceso de diseño, quién podría hacerlo, cómo podría hacerse y los tiempos aproximados para poder obtener el resultado final con fabricación ideal. De igual forma, dichas recomendaciones pueden abarcar desde los métodos de manufactura que se podrían emplear, que tipo de material e inclusive algún costo final aproximado del dispositivo.

Capítulo 3: Especificaciones de diseño y diseño conceptual

El marco teórico explicado en el capítulo anterior se utilizará como base para identificar las especificaciones que deberá cumplir la propuesta.

3.1. Requerimientos de diseño

Generalmente en el proceso de diseño, la metodología de obtener los requerimientos para algún producto o dispositivo se basa en conocer la opinión del usuario, quién es el que provee la fuente principal e inicial de información.

El procedimiento de esta investigación era el ya mencionado, realizar una metodología de diseño enfocada en el usuario, a través de la ejecución de entrevistas y siempre tener al usuario presente en cada uno de los avances de la investigación y poder tenerlo al alcance para poder realizar diversas modificaciones o cambios que fueran apareciendo de manera espontánea o inesperadamente. Sin embargo, debido a la situación actual que sufre México y el mundo derivado a la pandemia por SARS-COV-2, esto ya no fue posible, ya que el usuario objetivo son personas de edad avanzada, las cuales son aquellas que deben mantener un distanciamiento social obligado por las condiciones de salud que puedan llegar a presentar.

Por lo que se pensó en varias soluciones para poder llegar a tener un usuario aproximado y de esta manera, obtener los requerimientos de diseño iniciales, llegando a las 2 siguientes soluciones:

1. Requerimientos tomados a través de libros [46], textos⁷, bibliografía e investigaciones que se basen en el diseño de dispositivos para la asistencia de ascenso y descenso en un automóvil.
2. Tener como usuarios ‘físicos’ a mis abuelos maternos, realizando entrevistas por llamadas telefónicas y videollamadas, y tratar de mantener un contacto constante con ellos para poder recabar los requerimientos y necesidades. Eventualmente el diseño podría abarcar usuarios en similares condiciones físicas.

Algunos requerimientos tomados a través de bibliografía, textos de investigación e inclusive revistas de diversa índole, plantean la necesidad de que el dispositivo debe promover que el usuario pueda realizar alguna parte del trabajo de operación con la finalidad de proporcionar un estímulo para que el cerebro se acostumbre a la movilidad exigida por el

⁷ Koontz A, Shea M. *Wheelchair Skills. Spinal Cord Injuries: Management and Rehabilitation*. Ch. 15. US. 2009

dispositivo, evitando así el sedentarismo y que, al mismo tiempo, pueda estar adaptado a la edad y condiciones del usuario para evitar cambios constantes en los componentes de este y ahorrar tiempo y dinero.

De igual forma se menciona que es de vital importancia que para las personas de edad avanzada, cualquier dispositivo no genere molestias ni dificultades de adaptación no deseadas. Pues se corre el riesgo de perder el interés en el producto. Por lo que debe tenerse en consideración que la actividad en cuestión (i. e. ascenso y descenso desde una silla de ruedas al vehículo mediante la asistencia de un dispositivo) se convierta en una actividad segura y fácil de usar, que el uso del producto no sea solamente de necesidad terapéutica, sino que se convierta en una parte integral de su personalidad y actividades diarias.

Por otra parte, algunos requerimientos tomados en entrevistas plantean la necesidad de que el dispositivo debe proveer una seguridad en todos los componentes que lo conformen (estructura, materiales y al momento de estar operando), que pueda utilizarse en cualquier lugar y ante cualquier situación que se presente.

Así mismo, se hizo atención en que la facilidad de uso esté presente en todo momento, ya que esto permitirá una adaptación rápida al dispositivo e implique que su uso no sea cansado y, por ende, que se utilice siempre que se requiera, podría tomarse en cuenta dicho requerimiento con un grado de comodidad, sin embargo, esto no es tan sencillo de ser tangible y/o medible.

Los usuarios también indicaron que el dispositivo debe ser cómodo al usarse, que pueda desplegarse, ensamblarse o abatirse de manera sencilla y rápida y que tenga un costo relativamente bajo, con la finalidad de que cualquier persona con las mismas características pueda tener acceso al producto.

La siguiente lista hace referencia a los requerimientos obtenidos, que se llegaron a explicar de manera breve anteriormente:

- Estructura resistente
- Lo use en cualquier ambiente y lugar
- Tiempo de vida útil
- Bajo costo
- Adaptable a la edad
- Promueva el movimiento independiente al usuario
- Fácil de utilizar
 - Instalación rápida y sencilla
 - Sencillo de operar
 - Ligero

→ Cómodo

3.2. Clasificación cualitativa de los requerimientos de diseño

De acuerdo con lo ya mencionado en el capítulo anterior, la primera clasificación que se realiza a los requerimientos es de manera cualitativa para poder entender de inicio donde se tiene posibilidad de experimentar o atreverse a realizar algunas variaciones (libertad de diseño) y sobre qué puntos ya se tiene fijado una idea de diseño y no debe perderse de vista dicha solución.

La clasificación cualitativa se muestra a continuación:

REQUERIMIENTO		TIPO DE REQUERIMIENTO
Estructura resistente		Restricción
Lo use en cualquier ambiente y lugar		Restricción
Tiempo de vida útil		Restricción
Bajo costo		Criterio
Adaptable a la edad		Criterio
Promueva el movimiento independiente al usuario		Restricción
Fácil de utilizar	Instalación rápida y sencilla	Restricción
	Sencillo de operar	Restricción
	Ligero	Variable de solución
Cómodo		Criterio

Tabla 7. Clasificación cuantitativa de los requerimientos.

3.3. Uso de “La Casa de la Calidad” (HOQ) para la ponderación de los requerimientos de diseño

Un aspecto que cabe resaltar de esta matriz es que es utilizada comúnmente para procesos de rediseño al mostrar las relaciones más conflictivas entre especificaciones (parámetros técnicos) para poder llegar a la optimización de estas en el método de diseño. Sin embargo, brinda un gran apoyo en el planteamiento de la realización de diversas partes, sistemas o elementos que pueden conformar un producto o en este proyecto, un dispositivo.

Dicho planteamiento se presenta en el siguiente capítulo dentro de la parte del diseño conceptual

3.4. Especificaciones de diseño

Como se ha mencionado, la función principal que nos brinda la casa de la calidad es que nos pondera la importancia relativa entre especificaciones y requerimientos. Sin embargo, es de suma importancia el poder identificar de manera correcta dichas especificaciones ya que, de lo contrario, se estaría haciendo una correlación entre los mismos requerimientos, pero bajo diferentes palabras.

Las necesidades del cliente usualmente están descritas en el denominado “lenguaje del cliente”, consideradas como necesidades primarias y expresiones útiles para poder crear un sentido claro de los problemas que son de interés para los clientes. Sin embargo, para el diseñador o equipo de diseño no tienen alguna importancia o sirven de muy poco respecto a cómo diseñar y construir el producto ya que dejan demasiado margen a lo principal que debe eliminarse, la interpretación subjetiva.

Derivado a lo anterior, para el diseñador o equipo de diseño es de suma importancia el establecer un conjunto de especificaciones que logren explicar, mediante detalles precisos y medibles lo que el producto tiene que hacer, de igual forma, dichas especificaciones NO indican como manejar las necesidades del cliente, pero si brindan una base o un punto de inicio sobre lo que se tiene que hacer para poder satisfacer las necesidades del cliente.

De acuerdo con⁸, por definición:

“Una especificación (singular) consiste en una métrica y un valor”. Por ejemplo, “tiempo promedio de ensamble” es una métrica, mientras que “menos de 75 segundos” es el valor de esa métrica. El valor puede tomar varias formas que pueden incluir un número particular, un rango o una desigualdad.

A partir del llenado de la zona 5 y zona 4, el software *QFD Online* nos otorga la importancia porcentual de cada requerimiento. Podemos identificar que, para el usuario, los 3 requerimientos más importantes son el tener una estructura resistente, que la instalación del dispositivo sea rápida y sencilla y que sea sencillo de operar.

⁸ Ulrich, K., Eppinger, S. *Diseño y desarrollo de productos*. 5ta ed. 2013, México: The McGraw Hill Education.

REQUERIMIENTO		IMPORTANCIA PORCENTUAL DE CADA REQUERIMIENTO
1. Estructura resistente		13.0%
2. Lo use en cualquier ambiente y lugar		6.5%
3. Tiempo de vida útil		10.4%
4. Bajo costo		6.5%
5. Adaptable a la edad		7.8%
6. Promueva el movimiento independiente al usuario		9.1%
7. Fácil de utilizar	7.1. Instalación rápida y sencilla	13.0%
	7.2. Sencillo de operar	13.0%
	7.3. Ligero	10.4%
8. Cómodo		10.4%

Tabla 8. Importancia relativa normalizada porcentual para cada uno de los requerimientos.

A partir de la tabla 8 y para la siguiente parte del proceso de diseño, se propusieron los parámetros técnicos para poder calificar cada uno de los requerimientos obtenidos por el usuario.

En esta sección hay que tener cuidado y mucha cautela al definir ciertas especificaciones, ya que en ocasiones se presentan requerimientos bajo términos muy ambiguos como pudieran ser “que no se canse mucho” o “que no sea ni grande ni pequeño”.

Algunas características que se sugiere contengan los requisitos del producto son:

1. Hay que asegurar que los parámetros son discriminatorios
2. Hay que asegurar que los parámetros son medibles
3. Hay que asegurar que los parámetros sean ortogonales, es decir, que sean independientes entre ellos
4. Hay que asegurar que los parámetros sean universales
5. Hay que asegurar que los parámetros son externos

Posteriormente, se determinaron los parámetros técnicos con el tipo de unidades o métricas que se utilizarán para poder ser medibles, teniendo como especificaciones las siguientes:

1. Dimensiones (m)
 - 1.1. Altura (m)
 - 1.2. Ancho (m)
 - 1.3. Grosor (m)
2. Masa (kg)
3. Volumen (m³)
4. Ciclos en cámara de lodo sin contaminación (*kilociclos*)

5. Tiempo en cámara de aspersión sin entrada de agua (*segundos*)
6. Ciclos de trabajo antes de la falla (*ciclos*)
7. Costo unitario de manufactura (*MXN\$*)
 - 7.1. Fabricación (*MXN\$*)
 - 7.2. Materiales (*MXN\$*)
 - 7.3. Reparación (*MXN\$*)
8. Fuerza de impulso (N)
9. Tiempo de armado (*segundos*)
10. Número de piezas (*unidades*)
11. Tiempo total de operación (*segundos*)

De manera que, para poder identificar de una mejor forma la relación entre los requerimientos con las especificaciones planteadas, se presentan en la siguiente tabla de identificación:

Métrica número	Número de necesidad	METRICA	RANGO	VALOR
1	1, 2, 5	Altura		Metros
2	1, 2, 5	Ancho		Metros
3	1, 2, 5	Grosor		Metros
4	1, 7.3	Masa total	50 - 60	Kilogramos
5	1, 7.4	Volumen	< 0.5	Metros cúbicos
6	2	Ciclos en cámara de lodo	> 10	Kilociclos
7	2	Tiempo en cámara de aspersión	> 3,600	Segundos
8	3	Ciclos de trabajo	480	Ciclos
9	4	Fabricación	1,000 - 1,500	MXN\$
10	3, 4	Materiales	500 - 700	MXN\$
11	4	Reparación	300 - 400	MXN\$
12	6	Fuerza de impulso	100 - 150	Newtons
13	7.1	Tiempo de armado	180 - 300	Segundos
14	7.1	Número de piezas	< 15	Unidades
15	7.2	Tiempo total de operación	300 - 480	Segundos

Tabla 9. Relación requerimiento-especificación.

Cabe mencionar que para las 3 primeras métricas (altura, ancho y grosor), el valor se tomará como el valor total del área generada por el dispositivo en metros cuadrados (m²) y el rango estará dentro de los límites menores a 0.50.

El valor de rango propuesto para cada especificación en la Tabla 9 fue definido a partir de los resultados obtenidos mediante la realización de un análisis por elementos finitos (FEM) que brinda el software NX10. Dicho análisis puede encontrarse en el apartado de apéndices haciendo especial enfoque en la obtención de los esfuerzos de Von Mises y en los desplazamientos obtenidos en las partes críticas del dispositivo.

3.5. Uso de “La Casa de la Calidad” (HOQ) para la ponderación de las especificaciones de diseño

Como ya se ha mencionado, la parte más importante de la casa de la calidad es la marcada en la figura 19 como la zona 10, ya que los últimos 2 renglones de dicha zona indican el peso y la importancia relativa de cada una de las especificaciones, teniendo como mayor importancia la última, ya que ésta indica hacia donde se debe dirigir el proceso de diseño o en que sección se debe concentrar y/o enfocarse la atención para poder cumplir los objetivos propuestos de manera inicial.

PARÁMETRO O ESPECIFICACIÓN	NIVEL DE IMPORTANCIA DE CADA PARÁMETRO O ESPECIFICACIÓN (%)
-Dimensiones	
• Altura (m)	4.5%
• Ancho (m)	4.5%
• Grosor (m)	4.5%
-Masa (kg)	7.4%
-Volumen (m ³)	8.9%
- Ciclos en cámara de lodo sin contaminación (<i>kilociclos</i>)	4.3%
- Tiempo en cámara de aspersión sin entrada de agua (<i>segundos</i>)	4.3%
- Ciclos de trabajo antes de la falla (<i>ciclos</i>)	6.8%
-Costo unitario de manufactura	
• Fabricación (MXN\$)	8.6%
• Materiales (MXN\$)	13.9%
• Reparación (MXN\$)	1.9%
- Fuerza de impulso (N)	4.9%
- Tiempo de armado (<i>seg</i>)	10.3%
- Número de piezas (<i>unidades</i>)	11.4%
- Tiempo total de operación (<i>seg</i>)	4.0%

Tabla 10. Importancia relativa normalizada porcentual de los parámetros técnicos.

Teniendo como mayor importancia las especificaciones de ‘materiales’ (13.9%), ‘número de piezas’ (11.4%), ‘tiempo de armado’ (10.3%) y volumen (8.9%).

Capítulo 4: Diseño Conceptual

4.1. Análisis funcional

4.1.1. Planteamiento funcional

Se utilizará el diagrama de caja negra para poder comprender de una mejor manera las funciones de entrada y salida de nuestro sistema (denominado por otro nombre como los *qué's*), realizado para este caso se tiene lo siguiente:



Fig. 23. Modelo de caja negra para la problemática en cuestión

Posteriormente, dicha caja negra se busca convertir en una 'caja transparente' al encontrar, comparar y elegir las funciones y subfunciones que puedan esclarecer el interior de dicha caja (denominado con otro nombre por los *cómo's*). Se toma como referencia inicial las partes convencionales, comunes o que se han logrado alcanzar a percibir de los dispositivos actuales ya existentes:

- Estructura
- Asiento
- Sistema para poder desplazarse
- Actuador

4.1.2. Árbol funcional

En esta sección se desglosan cada una de las funciones que un dispositivo de transferencia de personas para discapacidades motrices o limitadas físicamente, tomando como base acciones básicas o sencillas que se separan en diferentes operaciones.

El árbol funcional ayuda a poder identificar la forma de funcionamiento del dispositivo desde un punto de vista operativo, al igual que especifica todas las funciones que el sistema conlleva a realizar. De igual forma, a dicho organigrama se le puede denominar un conjunto de todas las partes que formarán al dispositivo y su uso con el usuario.

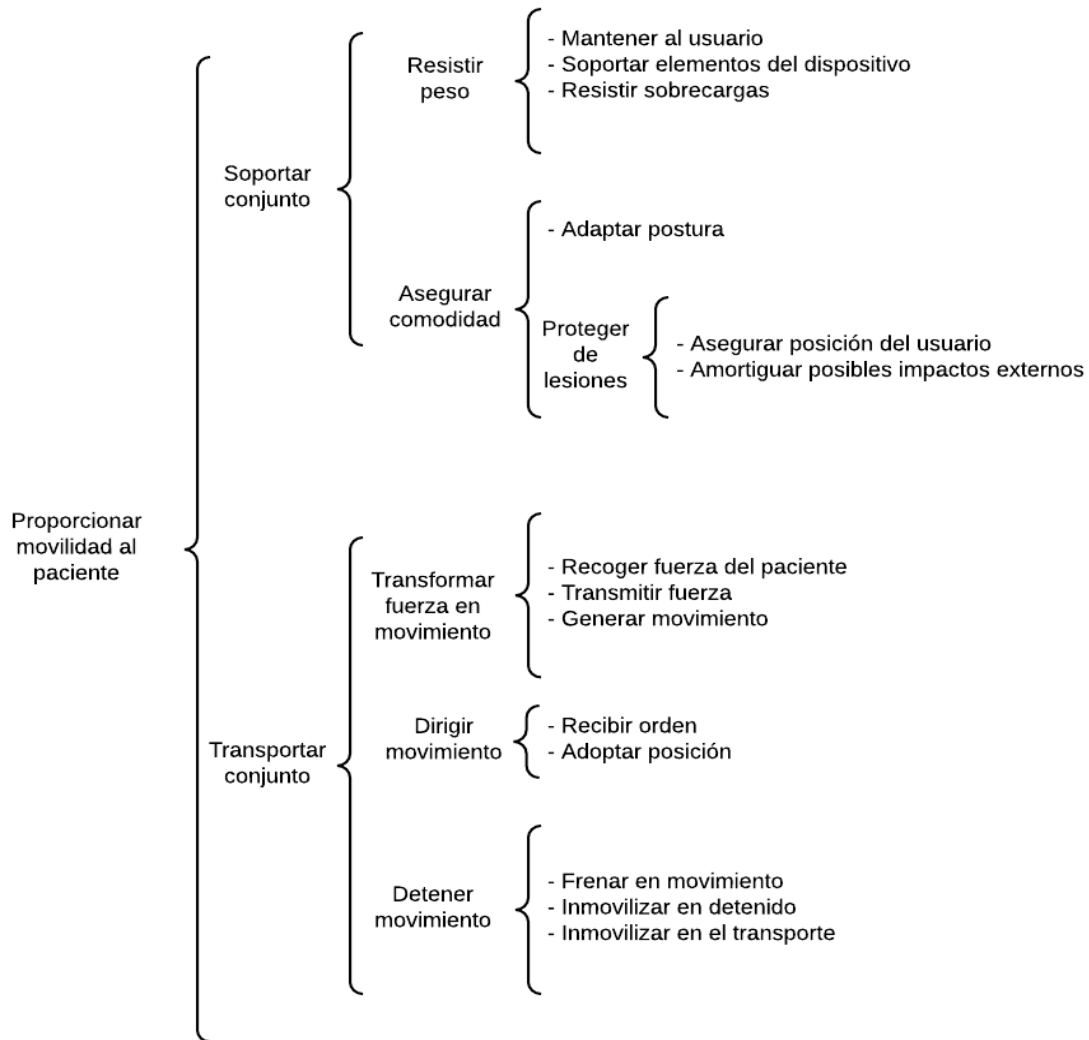


Fig. 24. Árbol funcional para el dispositivo

4.1.3. Definición de funciones

Una manera de volver más fácil y amigable la generación de los diferentes conceptos de solución, al igual que el análisis de funcionamiento del dispositivo en cuestión, es mediante la utilización de un diagrama de funcionamiento de todos los sistemas y subsistemas que lo conforman y que, en conjunto, permiten la correcta y adecuada operación del dispositivo.

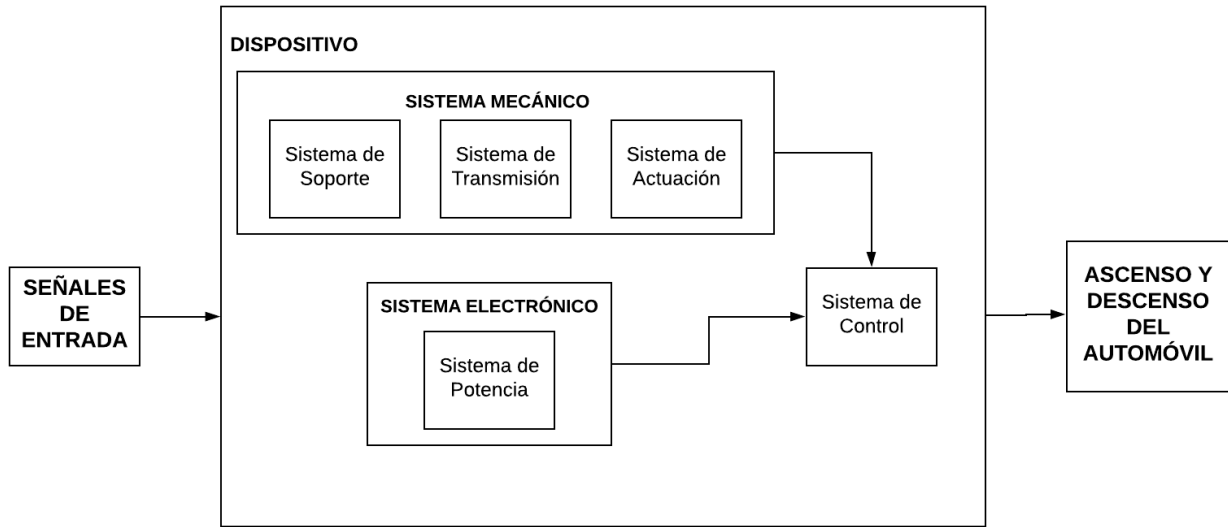


Fig. 25. Diagrama funcional para el dispositivo

SISTEMA MECÁNICO

Este sistema se divide en los 3 subsistemas de soporte, transmisión y actuación.

➤ *Sistema de Soporte*

Este subsistema tiene como principal función el dar forma al diseño y proporcionar una estructura que proteja a los sistemas mecánicos, así como a los de control y potencia. De igual manera, uno de los requerimientos encontrados es que el dispositivo sea ligero y sencillo de operar, pero que brinde seguridad en su uso. Al igual que una de las especificaciones más importantes fue la de materiales. Por ello, el material empleado debe contar con buenas propiedades mecánicas, entre ellas: alta resistencia tracción y/o tensión, facilidad de manufactura o de ser maquinado, contar con una baja densidad, etc.

Investigando entre varios dispositivos realizados para diferentes medios, entre ellos el de la fabricación de prótesis médicas, se encontró una tendencia de utilizar materiales como el aluminio, fibra de carbono, titanio, Nylamid y polímeros utilizados en el ámbito de la manufactura aditiva, como el ABS y sus variantes al igual que el PC y Ultem. Los materiales presentados destacan por su baja densidad y por contar con una buena resistencia a los esfuerzos.

→ **Aluminio**

El aluminio (Al) es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre, y el más utilizado para la industria, muchos aviones comerciales y militares están hechos casi en su totalidad de aluminio, al igual que está presente en diferentes partes de automóviles, carrocerías e inclusive ha ido tomando fuerza dentro de la

industria aeroespacial en motores de aviones, estructuras, cubiertas y trenes de aterrizaje e interiores. De igual forma, el aluminio es totalmente reciclable y su proceso de reciclado requiere solo un cinco por ciento de la energía que fue necesaria para producirlo. [28]

El aluminio es un metal muy ligero, cuenta con un tercio del peso del acero y su resistencia mecánica al igual que su buena conductividad térmica y eléctrica, así como durabilidad (estable al aire), y resistencia a la corrosión (si cuenta con un correcto tratamiento superficial es resistente tanto al agua de mar, como a muchas soluciones acuosas y otros agentes químicos) le permite adaptarse a la aplicación que se desee modificando la composición de su aleación. [29] [30]

ALUMINIO	
<i>Densidad</i> [$\frac{g}{cm^3}$]	2.7
<i>Límite elástico</i> [MPa]	110 – 170
<i>Resistencia a la tracción</i> [MPa]	130 – 195
<i>Dureza Vickers</i>	35 – 48

Tabla 11. Propiedades mecánicas del aluminio. [25]

→ **Nylamid**

Familia de las Poliamidas (PA) Nylon. Cuenta con una versatilidad de productos y versiones que han ayudado a resolver problemas de diseño en partes que necesitan refacción y que han sido fabricadas con otros materiales como: acero, bronce, aluminio, madera, cerámica y otros plásticos.

Entre todas las variantes que presenta, se hace especial mención en el Nylamid SL (super lubricado), es de color negro y cuenta buenas propiedades mecánicas y eléctricas, así como térmicas, tiene buena resistencia al desgaste, elimina la corrosión y posee una muy buena maquinabilidad. Es usado para distintos tipos, entre ellos: cojinetes, ruedas, engranes, poleas, catarinas, sellos de válvula, rodillos, guías de desgaste, moldes, prototipos y soportes estructurales.

Cabe mencionar que el Nylamid SL tiene partículas de Disulfuro de Molibdeno (MoS₂) dispersas homogéneamente en su estructura, haciendo que mejore su resistencia natural al desgaste, reduciendo o eliminando el uso de lubricantes, además, contiene un bajo coeficiente de fricción y mayor resistencia al impacto que el bronce, teflón, el celorón y otros polímeros. [31]

NYLAMID SL	
<i>Densidad</i> [$\frac{g}{cm^3}$]	1.14
<i>Modulo de elasticidad</i> [$\frac{kg}{cm^2}$]	24
<i>Resistencia a la tensión</i> [MPa]	72.4
<i>Dureza Shore – D</i>	80 – 82

Tabla 12. Propiedades mecánicas del Nylamid SL. [25]

→ **Fibra de carbono**

Material compuesto no metálico de tipo polimérico, está formada por muchos hilos de carbono (material que forma parte de toda la química orgánica) en forma de hebras largas y delgadas (0.005 – 0.010 [mm]) de diámetro y compuesto principalmente por átomos de carbono, los cuales se entrelazan en cristales microscópicos que están alineados paralelamente al eje largo de la fibra, dicha alineación hace a la fibra increíblemente fuerte para su tamaño, haciendo que varias miles de fibras de carbón juntas, formen un hilo que combinado con un epóxido se adhiere o moldea para dar forma a varios tipos de materiales compuestos.

Las fibras de carbón son diez veces más resistentes que el acero y ocho veces más que el aluminio, así como más ligera en un 5 y 1.5 respectivamente. Sus propiedades de fatiga son superiores a todas las estructuras metálicas y es de los materiales más resistentes a la corrosión. Sin embargo, es un material demasiado caro debido a que justamente el proceso de refuerzo de la fibra requiere un caro y largo proceso de producción, y se necesita herramienta especializada para su producción como lo es un horno autoclave. [32]

Tiene muchas aplicaciones en aeronáutica y automovilística, así como en barcos y en estructuras de bicicletas. Actualmente está cobrando popularidad en prótesis deportivas, raquetas de tenis, ordenadores portátiles y joyería. [33]

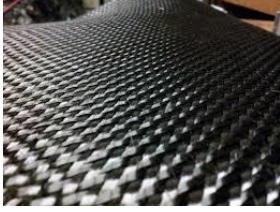
	FIBRA DE CARBONO	
	<i>Densidad</i> [$\frac{g}{cm^3}$]	1.81
	<i>Modulo de elasticidad</i> [GPa]	228
	<i>Resistencia última a la tensión</i> [GPa]	3.8

Tabla 13. Propiedades mecánicas de la Fibra de Carbono. [25]

→ Titanio

Posee propiedades que son una combinación de gran resistencia, rigidez, tenacidad, baja densidad y buena resistencia a la corrosión, permite un ahorro de peso en estructuras aeroespaciales, es ligero y fuerte. Puede formar aleaciones con otros elementos para mejorar sus características mecánicas, y poseer resistencias a la tracción de 210 a 1380 [MPa], que son equivalentes a las resistencias encontradas en aleaciones de acero. [34]

Es paramagnético, por lo que no puede imantarse debido a su estructura electrónica. Es eficaz como sustituto de huesos y cartílagos en cirugía, y su biocompatibilidad le permite ser aplicable para prótesis e implantes, al igual que su uso en aviones en la parte del tren de aterrizaje y las protecciones del motor. [35]


	TITANIO	
	<i>Densidad</i> [$\frac{g}{cm^3}$]	4.5
	<i>Modulo de elasticidad</i> [GPa]	116
	<i>Resistencia última a la tensión</i> [MPa]	220
	<i>Resistencia a la fluencia</i> [MPa]	140

Tabla 14. Propiedades mecánicas del Titanio. [25]

→ Polímero ABS

Conocido como “plástico de ingeniería”, es un plástico muy resistente al impacto, a la abrasión y a los elementos químicos, por lo que es de los materiales más usados hoy en día dentro del ámbito de manufactura aditiva.

El acrónimo ABS deriva de los 3 monómeros utilizados para producirlo [36]:

- Acrlonitrilo: Proporciona resistencia térmica, resistencia química, resistencia a la fatiga, dureza y rigidez.

- Butadieno: Proporciona ductilidad a baja temperatura, resistencia al impacto y resistencia a la fusión.
- Estireno: Proporciona facilidad de procesamiento (fluidez), dureza y rigidez.

El empleo de plásticos como el ABS hace más livianas a las estructuras (un parachoques de auto hecho con este material puede sostenerse con una sola mano). De igual manera, tiene presencia en aplicaciones como juguetes, productos de línea blanca, equipaje, techos para tractores y principalmente en el ámbito automotriz. [37]


	POLÍMERO ABS	
	<i>Densidad</i> [$\frac{g}{cm^3}$]	1.02 – 1.21
	<i>Modulo de tensión</i> [GPa]	1.79 – 3.2
	<i>Resistencia última a la tensión</i> [MPa]	29.8 – 65
	<i>Resistencia a la fluencia</i> [MPa]	29.6 – 65

Tabla 15. Propiedades mecánicas del Polímero ABS. [25]

➤ Sistema de Transmisión

Es el encargado de poder proporcionar el movimiento que producen los actuadores mecánicos directo hacia los diferentes elementos, piezas, sistemas, mecanismos, arreglos, etc.; que permitan realizar aquellos movimientos deseados por el diseñador y por el usuario en el dispositivo o producto. Para este caso, el movimiento que se desea transmitir por dichos elementos es el del desplazamiento de la persona al momento de estar posicionada en el dispositivo.

Se consideraron 3 opciones principales para poder cubrir dicho sistema, ya que se estudió y concluyó que cumplen con algunas de las especificaciones presentadas anteriormente, por lo que se procede a enlistar las diferentes características y tipos de: trenes de engranajes, bandas y poleas y mecanismos de cuatro barras.

→ Trenes de engranajes

Los engranes son un elemento de máquinas cuya finalidad es la transmitir movimiento giratorio-circular desde un eje hacia otro, mediante la acción de dientes que embonan con precisión y de manera sucesiva desde el engrane impulsor, hacia los dientes del engrane impulsado. Trabajan mediante una condición: para que las ruedas puedan ‘engranar’, es decir, que puedan acoplarse y transmitan el movimiento de manera correcta, dichos engranes deben tener los mismos parámetros o dimensiones en el diente.

Son sistemas robustos, pero bastante ruidosos al momento de operarlos, permiten transmitir grandes potencias.

Nomenclatura de los engranajes

Arco AB: espesor circular del diente (e).

Arco BC: Anchura de hueco (h).

AC=AB+BC: paso circular (p).

Circunferencia primitiva: es la rueda de fricción equivalente (R).

Circunferencia exterior (R_e).

Circunferencia interior o de fondo (R_i).

Addendum: distancia radial entre la circunferencia primitiva y la exterior:

$$a = R_e - R$$

Dedendum: distancia radial entre la circunferencia interior y la primitiva:

$$d = R - R_i$$

Altura del diente: distancia entre la circunferencia de fondo y exterior: $h_1 = a + d$.

Juego (j): es la diferencia entre el hueco del diente y el espesor del diente que engrana en él: $j = h_2 - e_1$.

Módulo (m): es el cociente entre el diámetro primitivo y el número de dientes: $m = 2R/z$

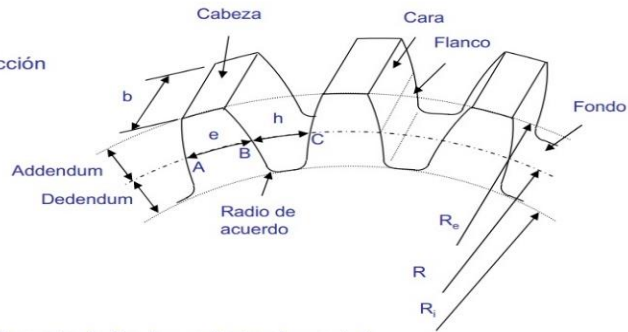


Fig. 26. Nomenclatura de los engranes. [38]

TIPOS DE ENGRANES

Según la forma de los dientes

<p><i>Engranajes rectos</i></p>	<p>Utilizados en transmisiones de ejes paralelos. Comúnmente son los más utilizados y se pueden encontrar en casi cualquier tipo de máquina.</p>	
<p><i>Engranajes helicoidales</i></p>	<p>Los dientes se colocan siguiendo la trayectoria de hélices paralelas alrededor de un cilindro. Pueden transmitir movimiento entre ejes paralelos o entre ejes que se cruzan en cualquier dirección, proporcionando una marcha mucho más suave y, por ende, más silenciosa.</p>	
<p><i>Engranajes cónicos</i></p>	<p>Son utilizados para transmitir movimiento entre ejes perpendiculares o para ejes con ángulos distintos a 90 grados. Consisten en ruedas dentadas de manera de tronco en cono, y pueden ser curvos o rectos.</p>	

Según la posición de las ruedas dentadas



<p><i>Engranajes exteriores</i></p>	<p>Los dientes de las 2 ruedas están localizados en la parte de la superficie exterior.</p>	
<p><i>Engranajes interiores</i></p>	<p>Los dientes de 1 de las ruedas están localizados en la parte interna.</p>	

Tabla 16. Diferentes tipos de engranes. [38]

Si para poder lograr la transmisión, se requiere más de un par de ruedas dentadas, debe emplearse un **tren de engranes**. Existen de 2 tipos:

- *Tren de engranes simple*: Las ruedas dentadas se localizan alineadas dentro de un mismo plano o en cada eje existe una sola rueda.
- *Tren de engranes compuesto*: En los ejes existen más de una rueda dentada, La transmisión se realiza a través de más de 2 ejes al mismo tiempo, por lo que se necesitan 2 engranes en cada eje, el primero engrana con la rueda motriz que es la responsable del movimiento, mientras que la segunda va conectada al siguiente que conduce dicho movimiento.

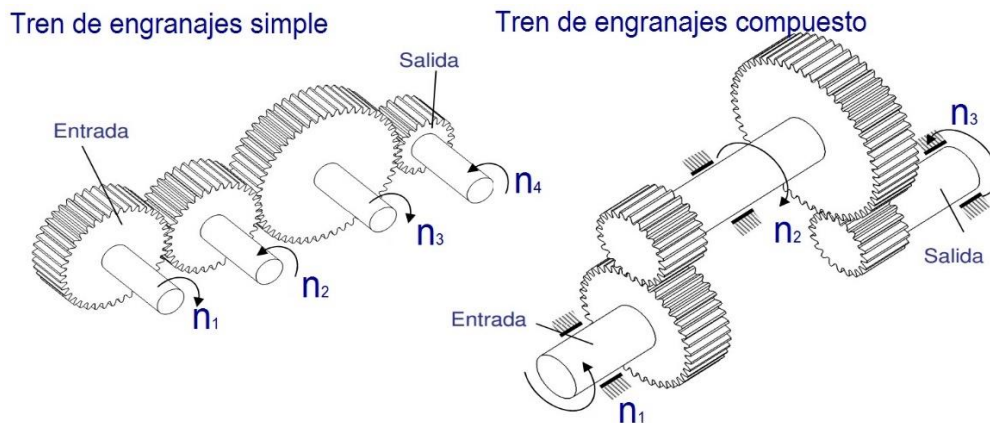


Fig. 27. Composición de tren de engranes simple y compuesto. [39]

→ **Bandas y poleas**

Este tipo de sistemas es utilizado cuando se requiere transmitir potencia mecánica entre dos ejes separados entre sí por una cierta distancia y por lo general, sustituyen a grupos de engranajes, ejes y sus cojinetes, reduciendo significativamente los costos.

Las poleas son ruedas con una o varias hendiduras o ranuras en la llanta, que es en donde reposa la polea. Por otro lado, las poleas son elementos de tipo cinta cerradas de cuero y otros materiales, puede ser plana, redonda, trapezoidal o dentada. [40]

Es muy importante que este tipo de sistema se emplee cuando no se requiere transmitir grandes cantidades de potencia de un eje a otro, ya que el deslizamiento de la correa sobre la polea produce pérdidas considerables de potencia.

Cuando se utiliza este tipo de arreglo con la finalidad de conseguir una reducción en la velocidad (caso más común), la polea acanalada más pequeña se monta sobre la flecha de alta velocidad, como lo puede la flecha de un motor eléctrico. La polea de mayor tamaño se coloca sobre el otro eje de la máquina que será impulsada.

Las bandas planas y dentadas son la más utilizadas por sus diferentes características, las primeras casi siempre son fabricadas de piel o tela recubierta con hule, la superficie es plana y acanalada haciendo que la fuerza de fricción entre la banda y la polea sea la causante de la fuerza impulsora. Por otro lado, las bandas dentadas cuentan con dientes a lo largo de su diámetro interno, permitiendo que dichos dientes puedan embonar dentro de las ranuras con las que están provistas las poleas para este tipo de banda, permitiendo un impulso más positivo y solamente limitado por la tensión derivada del esfuerzo de tracción generado entre la banda y la polea. [41]



Fig. 28. Arreglo banda y polea.

→ **Mecanismos de cuatro barras**

Un mecanismo es un dispositivo formado por tres barras móviles y una cuarta barra fija (generalmente el suelo o la tierra), unidos mediante nudos articulados o pivotes. Desarrollan fuerzas de muy baja intensidad y transmiten poca potencia. Son los mecanismos articulados más simples y cuentan con 1 grado de libertad, se encuentran presentes dispositivos de manivela-corredera y el de leva-seguidor.

La Ley de Grashof es una fórmula utilizada para poder analizar y comprender el tipo de movimiento que hará el mecanismo y menciona lo siguiente: *‘para que el movimiento entre las barras pueda efectuarse de una manera continua, la suma entre la barra más corta y la más larga no puede ser mayor que la suma de las barras restantes.’*

$$s + L \leq P + Q$$

Donde:

- s = Longitud de la barra más corta.
- L = Longitud de la barra más larga.
- P = Longitud de una barra restante.
- Q = Longitud de otro eslabón restante.

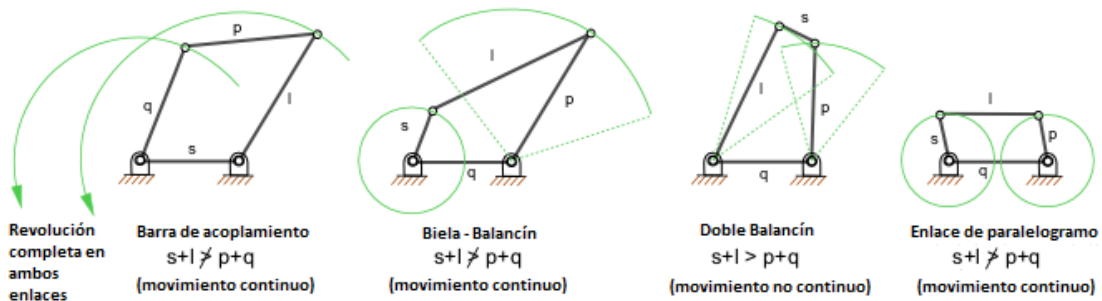


Fig. 29. Ley de Grashof en un mecanismo de 4 barras. [42]

➤ **Sistema de Actuador**

El sistema encargado de producir el movimiento en el dispositivo, a los elementos que son los encargados de producir el movimiento se les brinda el nombre de actuadores. En esta sección pueden presentarse diversas limitaciones e implicaciones en las especificaciones de diseño, como pueden ser: potencia, tamaño, peso, niveles de ruido y costo que influyen en la selección adecuada de los actuadores necesarios para el proceso. Sin embargo, para fines del trabajo y con

base en las especificaciones obtenidas por la Casa de la Calidad, se presentan 3 tipos de actuadores principales:

→ **Motor eléctrico de asistencia**

Utilizados principalmente en bicicletas eléctricas, estos motores equilibran el peso en las bicicletas de manera casi perfecta y lo más importante, no sustituye al movimiento mecánico generado por el usuario, sino que lo ayuda a incrementar el par aplicado para lograr una aceleración más rápida y sencilla, así como eficiente. Existen de diferentes marcas y modelos, entre las que destacan como: Bosch, Yamaha, Panasonic o Shimano.



Fig. 30. Motor eléctrico de asistencia YAMAHA. [43]

→ **Motor monofásico**

Máquina rotativa que convierte energía eléctrica en energía mecánica, son muy útiles para usos no industriales, hogares, oficinas o pequeños comercios derivado a su baja potencia que puede variar en kilowatts, cuentan con un tamaño reducido, son baratos de producir y sencillos en construir y su instalación no requiere de mayores complicaciones o gastos adicionales.

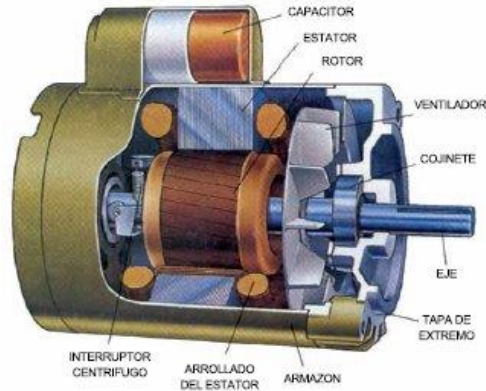


Fig. 31. Composición de un motor monofásico. [44]

→ **Actuadores lineales eléctricos**

Dispositivo que permite transformar el movimiento rotatorio de un motor en un movimiento lineal, son de gran ayuda en equipos que necesiten realizar actividades como empujar, jalar, levantar, bajar, posicionar o girar una carga.

Dicha transformación de movimiento se puede realizar a través de diferentes conjuntos de mecanismos internos, entre los que destacan una caja de cambios con engrane helicoidal o planetario, tornillo que puede ser TPN (trapezoidal) o VRS (tornillo de bola) e incluso puede contar con motorreductores.

Existen para capacidades de carga que van desde los 13 kg hasta las 150 toneladas, variando en tamaño y peso, al igual que pueden adaptarse al espacio disponible y cuentan con variaciones amigables para la función que se requiera, contando con un presupuesto promedio se puede adquirir el actuador lineal ideal.


ACTUADOR ELÉCTRICO PARALELO Timotion Serie MA2	
	<i>Carga [N]</i> 8,000 (empuje/tracción)
	<i>Velocidad máxima con carga máxima</i> $\left[\frac{mm}{s}\right]$ 5.4
	<i>Velocidad máxima sin carga</i> $\left[\frac{mm}{s}\right]$ 52.5
	<i>Dimensiones mínimas de instalación [mm]</i> 131 (recorrido)
	<i>Carrera máxima a [mm]</i> 25 – 1,000
	<i>Rango de temperatura [°C]</i> -30 / 65
	<i>Tensión del motor [V]</i> 12, 24, 36 CC

Tabla 17. Características de operación de actuador eléctrico paralelo modelo Timotion Serie MA2.

[45]

SISTEMA ELECTRÓNICO

Conformado por todos los elementos que se relacionan entre sí para poder realizar un trabajo en cuestión del tiempo, por lo tanto, está compuesto de los subsistemas de potencia y de control.



➤ Sistema de Potencia

Red de componentes eléctricos que son instalados con la finalidad de poder suministrar, transferir y usar energía eléctrica hacia otro sistema o alguna red extendida.

→ Baterías

También llamado acumulador, es un dispositivo formado por una o varias celdas electroquímicas que puede convertir energía química en energía eléctrica, tienen la ventaja de poder ser recargadas mediante medios eléctricos al contar con una reacción química que además de permitir el funcionamiento de la batería, es reversible.

Para el proyecto, se necesita una batería que sea ligera y pueda recargarse, además de que el tipo de batería a elegir depende de las necesidades del usuario, así como diversos factores que pueden ser el nivel de actividad del usuario, el peso y la talla y el costo. Es de suma importancia conocer estos parámetros para después poder elegir correctamente el tipo de batería a utilizar.

TIPOS DE BATERIAS		
Tipo	Característica	Imagen
Baterías de plomo ácido	Formadas por electrodos de plomo bañados en un electrolito de ácido sulfúrico. Son económicas y fáciles de lubricar. No admiten sobrecargas ni descargas profundas y tienen un peso y volumen elevados para la energía que almacenan.	
Baterías de níquel-cadmio (Ni – Cd)	Formadas por electrodos de cadmio bañados en un electrolito de hidróxido de potasio. Permiten su operación bajo un amplio rango de temperaturas y se pueden sobrecargar sin sufrir daños. Tienen un peso y volumen mejores que de las baterías	

	de plomo ácido, pero es elevado comparado a la energía que almacenan.	
Baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH)	Formadas por un ánodo de cadmio y un cátodo de aleación de hidruro metálico. Menor efecto de memoria y mayor capacidad que las de níquel-cadmio, sin embargo, proporcionan un menor número de ciclos que reduce drásticamente su capacidad.	
Baterías de iones de litio (Li-ion)	Utilizan un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina o un óxido de manganeso. Son más recientes en cuanto a su desarrollo y han facilitado la existencia de tecnologías portátiles y tiene una elevada capacidad en relación con su peso y volumen, el único impedimento es que no permiten las descargas completas y sufren en demasía cuando éstas ocurren.	
Baterías de polímero de litio (Li-Po)	Variación de las baterías de litio que mejoran sus características de peso y volumen, así como el porcentaje de descarga, de igual manera que las baterías de iones de litio acusan mucho las descargas profundas, quedando dañadas si estas llegan a ocurrir.	

Tabla 18. Diferentes tipos de baterías.

SISTEMA DE CONTROL

De acuerdo con el diagrama funcional [24], los 2 sistemas y los 4 subsistemas deben trabajar en conjunto y de forma coordinada para poder obtener un buen funcionamiento que sea eficiente, seguro y sencillo, de manera que, para lograr dicha funcionalidad, se debe utilizar un sistema que pueda estar a cargo de la correcta activación de cada sistema y cada componente, al igual que poder proporcionar una interfaz al usuario.

Existen diversos tipos de control utilizados para varios modelos de dispositivos, como pueden ser: el mioeléctrico, control por tarjeta de reconocimiento de voz, control por medio de *push buttons*, etc. Para este proyecto la mejor opción puede basarse en la utilización de *push buttons*, debido a su sencilla instalación eléctrica, programación básica (solamente deberán ser accionados para poner en marcha o detener el funcionamiento del dispositivo) así como la facilidad de poder unir las conexiones con las que cuentan.

4.2. Evaluación y selección de conceptos de solución

➤ *Matriz de decisión*

Esta técnica sirve para poder calificar los conceptos de todo el subcapítulo anterior con respecto a su cumplimiento con las especificaciones de diseño que le corresponde a cada concepto.

De acuerdo con la importancia relativa en porcentaje, para cada una de las especificaciones que la Casa de Calidad nos brindó, es mucho más sencillo poder hacer la matriz, ya que los porcentajes no están otorgados de manera arbitraria por el diseñador y de esta manera, se evita el sesgo que puede ocurrir al momento de estar seleccionando los conceptos.

Todos los conceptos se calificaron con la siguiente escala (cabe mencionar que puede utilizar cualquier escala que se desee. Sin embargo, para las escalas más finas generalmente se requiere de un mayor periodo de tiempo y de trabajo invertido):

- ✓ 3 = Malo
- ✓ 6 = Regular
- ✓ 9 = Bueno

Cada una de las calificaciones se multiplicó por la importancia relativa en porcentaje de cada especificación y posteriormente, se fueron sumando cada una de dichas calificaciones para el valor final de cada concepto. Finalmente, cada uno de los conceptos fue comparado entre sí a partir de su calificación final y de esta manera, el concepto con la calificación final más alta fue el elegido como el más adecuado para ser utilizado en el dispositivo.



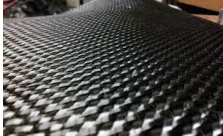


MATERIALES	Peso (7.4%)		Ciclo en cámara de lodo sin contaminación (4.3%)		Ciclos de trabajo bajo carga antes de falla (6.8%)		Fabricación (8.6%)		Reparación (1.9%)		Puntuación Total (29%)	RANGO
	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.		
Aluminio 	9	0.67	6	0.258	9	0.612	6	0.516	6	0.114	2.166	2
Nylamid 	6	0.44	6	0.258	3	0.204	3	0.258	3	0.057	1.221	5
Fibra de Carbono 	6	0.44	9	0.387	6	0.408	3	0.258	6	0.114	1.607	4
Titanio 	3	0.22	9	0.387	9	0.612	3	0.258	9	0.171	1.65	3
Polímero ABS 	9	0.67	6	0.258	6	0.408	9	0.774	3	0.057	2.167	1

Tabla 19. Matriz de decisión materiales para el sistema de soporte.


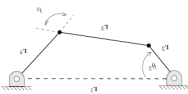

TRANSMISIÓN	Peso (7.4%)		Volumen (8.9%)		Ciclos en cámara de aspersión sin entrada de agua (4.3%)		Ciclos en cámara de lodo sin contaminación (4.3%)		Ciclos de trabajo bajo carga antes de falla (6.8%)		Fabricación (8.6%)		Reparación (1.9%)		Fuerza de impulso (4.9%)		Puntuación Total (47.1%)	RANGO
	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Puntuación	
Trenes de engranajes 	3	0.22	3	0.27	6	0.258	3	0.129	9	0.612	3	0.258	3	0.057	9	0.441	2.244	3
Mecanismos de 4 barras 	9	0.67	9	0.8	6	0.258	6	0.258	6	0.408	9	0.774	9	0.171	6	0.294	3.63	1
Bandas y poleas 	6	0.44	6	0.53	3	0.129	6	0.258	3	0.204	6	0.516	9	0.171	3	0.147	2.403	2

Tabla 20. Matriz de decisión sistema de transmisión.




ACTUADOR	Peso (7.4%)		Volumen (8.9%)		Fabricación (8.6%)		Materiales (13.9%)		Reparación (1.9%)		Fuerza de impulso (4.9%)		Tiempo total de operación (4.0%)		Puntuación Total (47.1%)	RANGO
	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Calif.	P.P.	Puntuación	
Motor eléctrico de asistencia 	6	0.44	6	0.53	3	0.258	9	1.251	3	0.057	6	0.294	9	0.36	3.198	2
Motor monofásico 	3	0.22	3	0.27	3	0.258	9	1.251	3	0.057	9	0.441	9	0.36	2.856	3
Actuador eléctrico paralelo 	9	0.67	9	0.8	9	0.774	6	0.834	9	0.171	6	0.294	3	0.12	3.66	1

Tabla 21. Matriz de decisión sistema de actuador.

Es importante mencionar que no todas las especificaciones pueden aplicarse a todos los conceptos por las diferentes características con las que cuenta cada concepto, por lo tanto, para evaluar cada sistema y subsistema solamente se toman en cuenta los parámetros que van directamente relacionados con el sistema evaluado.

En la siguiente tabla se muestran a los conceptos ganadores de cada subsistema, que son aquellos que obtuvieron la mayor puntuación en sus respectivas matrices de decisión. Cabe destacar que estas propuestas no son definitivas y pueden cambiar durante la fase del diseño de detalle e inclusive durante la fabricación del primer prototipo. De igual manera es importante volver a mencionar que para el sistema eléctrico de potencia, en el debido caso en que se necesite utilizar y después de poder establecer los parámetros con los que cuenta el usuario (i. e. peso, altura, IMC, etc.) se podrá realizar una matriz de decisión para poder elegir el tipo de batería adecuado para poder ser utilizado.

Para el sistema de actuador, se realizará el diseño del dispositivo de manera que pueda ser operado de manera autónoma/manual por el usuario, pero que también pueda ser adaptable para poder utilizar algún motor ya sea de asistencia o monofásico, con la finalidad de poder crear un modelo híbrido de dispositivo.


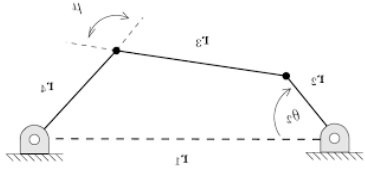

SISTEMA	CONCEPTO GANADOR
Sistema de Soporte (Materiales)	<p>Polímero ABS</p> 
Sistema de Transmisión	<p>Mecanismos de 4 barras</p> 
Sistema de Actuador	<p>Actuador eléctrico paralelo</p> 

Tabla 22. Conceptos ganadores de las matrices de decisión.

4.3. Generación de opciones de diseño conceptual

Debido a la situación actual de México y el mundo derivado a la pandemia ocasionada por el virus SARS-COV2, ha sido imposible poder interactuar directamente con algún usuario o persona destinada para la cual se realiza el presente proceso de diseño (los requerimientos se tomaron a partir de familiares directos) ya que están considerados como la población más vulnerable y propensa a poder sufrir en demasía el virus. Debido al punto anterior se pensó que todas las características de medidas y dimensiones tanto del usuario como del automóvil a diseñar el dispositivo fueran tomadas directamente de fuentes bibliográficas y de llamadas telefónicas con familiares y personas que presentan la problemática en cuestión y pueden brindar datos e información requerida.

Se presentarán diversos esbozos realizados a mano alzada de acuerdo con las dimensiones, medidas y características de cada una de las partes o subsistemas de manera individual, para posteriormente mostrar un diseño del ensamble completo del sistema en cuestión, teniendo como objetivo el poder hacerlo de una forma detallada y clara del diseño al que se quiere llegar.

Realizar la proyección de las variaciones dimensionales de cada una de las partes que conforman este sistema fue un desafío complicado. En primera instancia por el tema comentado anteriormente que ha imposibilitado el poder hacer pruebas presenciales o tomar datos de manera directa. Por lo que todo ha sido pensado y diseñado en suposiciones funcionales y en medidas bibliográficas que podrían no estar del todo actualizadas o ser certeras en cuanto a tolerancias debido a que el tema en cuestión no es un caso convencional y por lo tanto no se tienen proyecciones de los cambios de dimensiones en la literatura. En consecuencia, se presentan las siguientes proyecciones encontradas en la literatura sobre las dimensiones de la silla de ruedas y de la antropometría de personas en sillas de ruedas:

➤ Para la persona

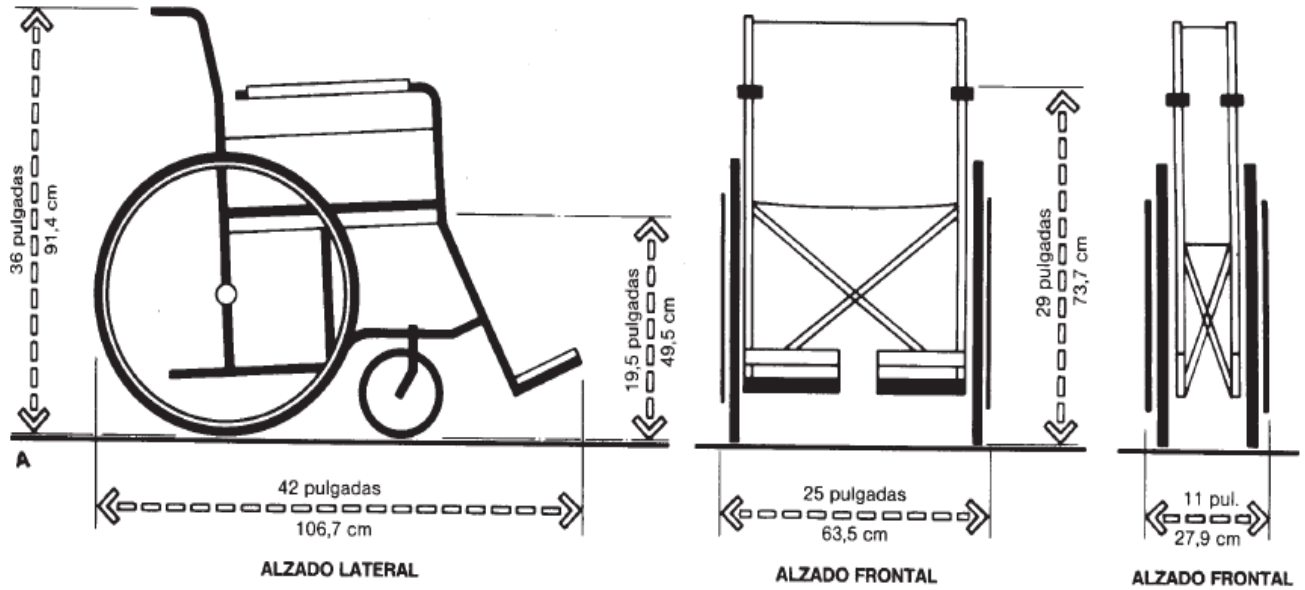


Fig. 32. Dimensiones de las sillas de ruedas. [46]

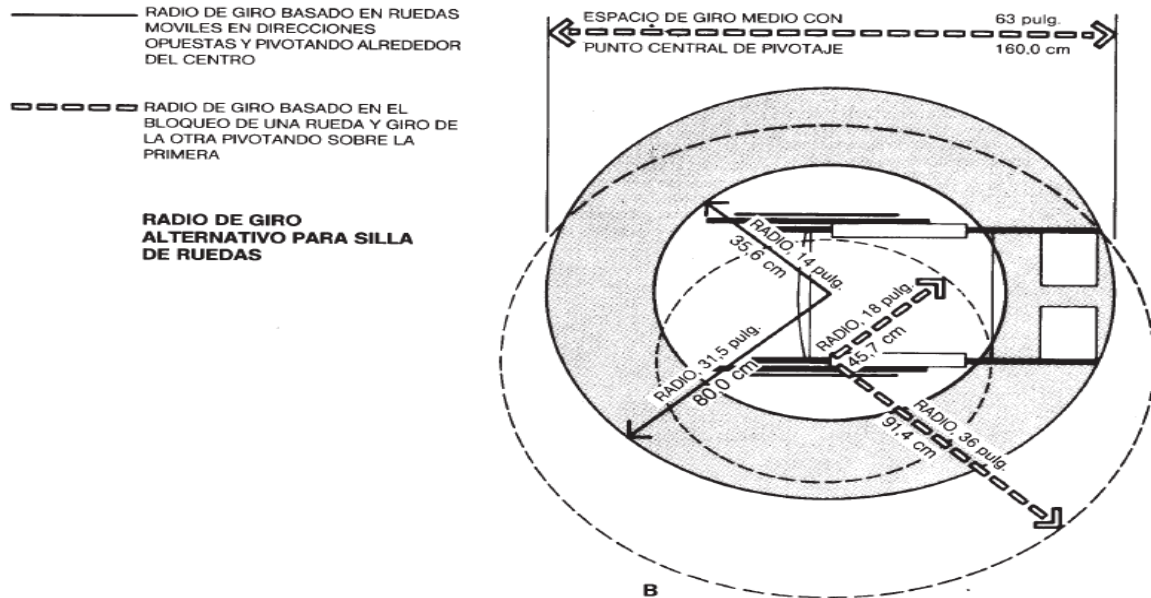


Fig. 33. Radio de giro alternativo. [46]

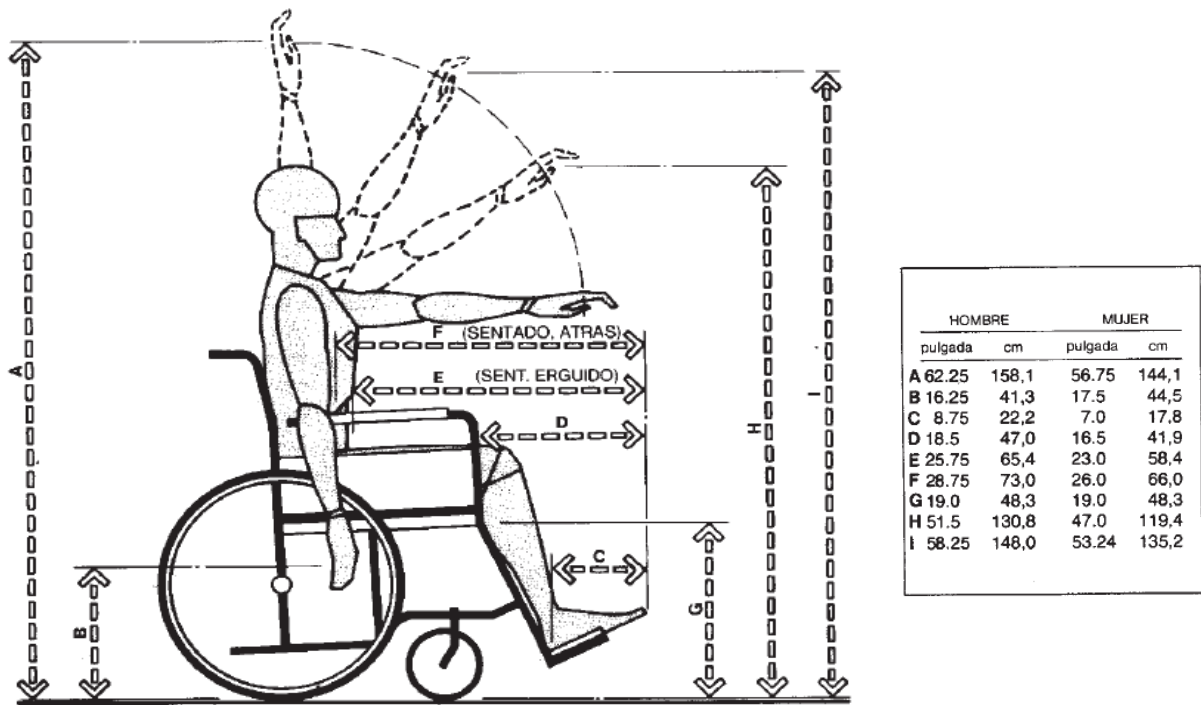


Fig. 34. Antropometrías de personas en silla de ruedas de vista lateral. [46]

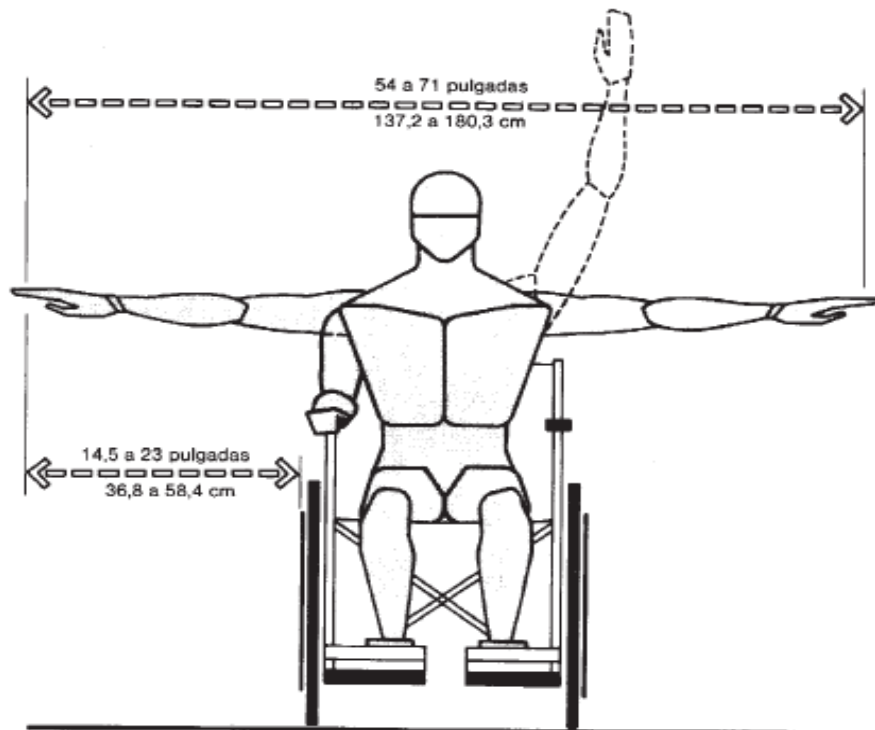


Fig. 35. Antropometrías de personas en silla de ruedas de vista frontal. [46]

➤ Para el automóvil

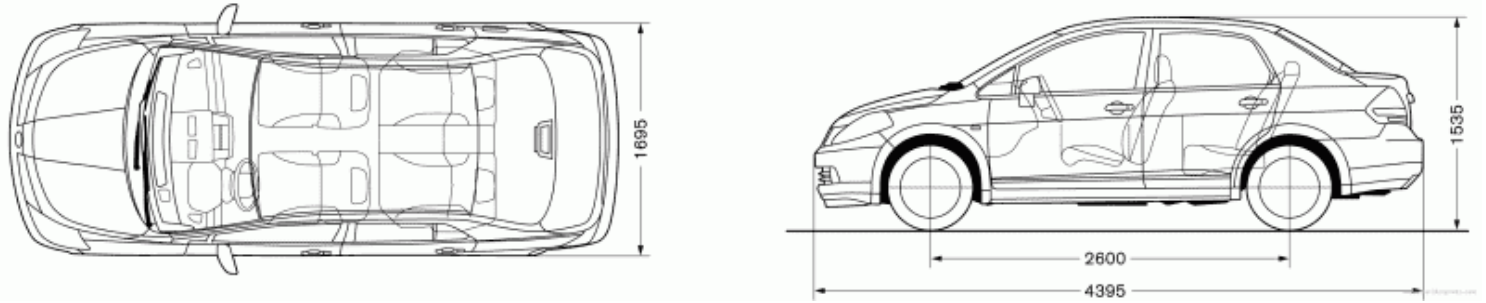


Fig. 36. Esquema de NISSAN TIDA Sedan 2012. Unidades en milímetros. [47]

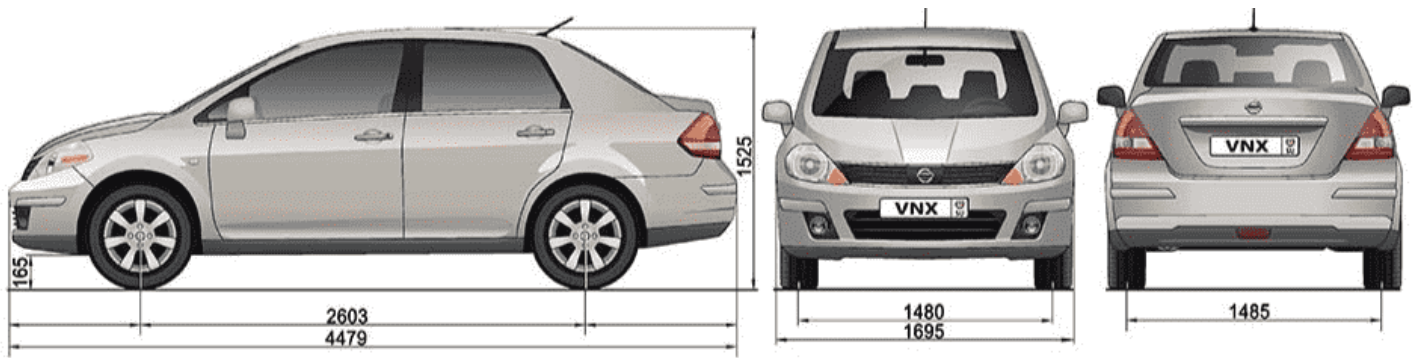


Fig. 37. Representación de NISSAN TIDA Sedan 2012. Unidades en milímetros. [47]

4.3.1. Propuesta de diseño mediante diseño de configuración

Con la finalidad de poder cubrir las especificaciones brindadas por la matriz QFD (materiales, número de piezas, tiempo de armado y volumen), se decidió desglosar el dispositivo en 7 partes, que ensambladas en conjunto permiten obtener el diseño final del dispositivo, dichas partes se presentan a continuación. El diseño en CAD se realizó mediante el uso del software *Siemens NX 10*.

➤ **Base**

Pensada con la finalidad de poder soportar el conjunto de piezas mediante una estructura que cuenta con 1 gancho superior que le permite sujetarse de la bisagra superior que une a las puertas con la carrocería del vehículo, seguido de apoyos tanto a izquierda a derecha cuya finalidad es al de poder brindar equilibrio y fuerza al apoyarse en las partes laterales de la puerta y del marco del vehículo, permitiendo al mismo tiempo que la puerta no pueda cerrarse y otorgue un desarrollo continuo del proceso. En la parte inferior de la base se cuenta con una agarradera tipo clamp en 'C', la cual embona en la bisagra inferior de la puerta, haciendo que la estructura pueda considerarse rígida e inmóvil, algo de suma importancia para el correcto ensamblaje del dispositivo. De manera lateral, la base cuenta con unos pernos de anclaje, los cuales embonan con la siguiente parte del sistema.

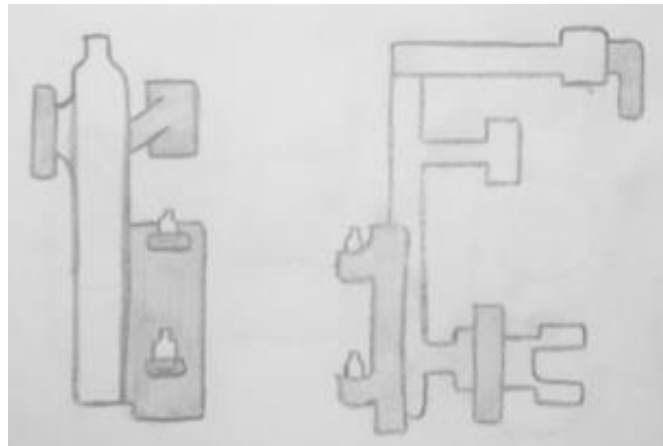


Fig. 38. Boceto a mano alzada del diseño de la base.

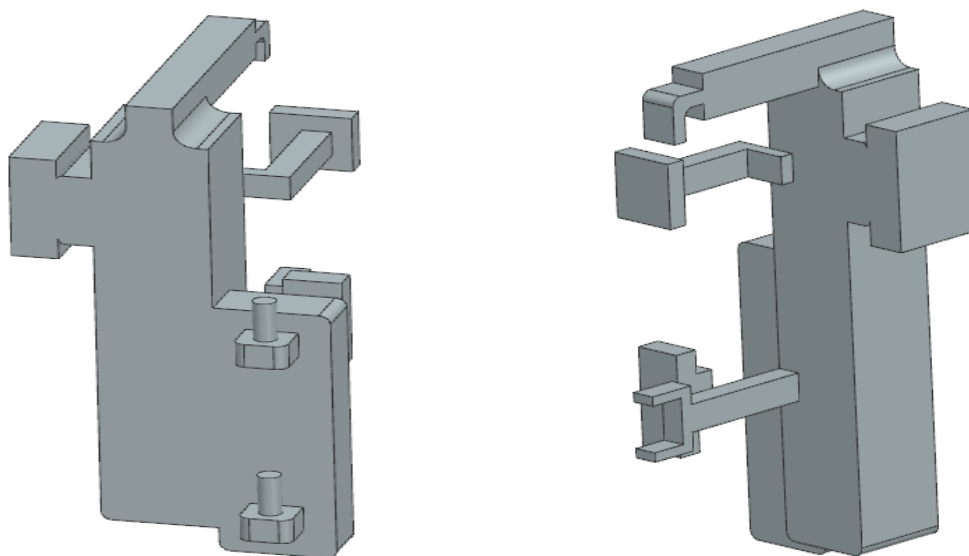


Fig. 39 y 40. Diseño en CAD del diseño de la base.

➤ Cuerpo

Para el diseño de esta sección, en primera instancia se agregaron 2 ranuras con barrenos que le permiten realizar el primer ensamble con la parte de la base que contiene los pernos de anclaje, esta unión le permite al cuerpo poder girar sobre su propio eje de anclaje mediante los pernos, alrededor de casi 180°. Posteriormente, se tiene una geometría parecida a un perfil en 'U', que cuenta con 2 barrenos a distancia simétrica, lo que le permite completar el segundo ensamble con el siguiente componente del dispositivo. Finalmente, el tercer ensamble se realiza mediante el último barreno logrando la conexión entre el cuerpo y el actuador con un perno unión.

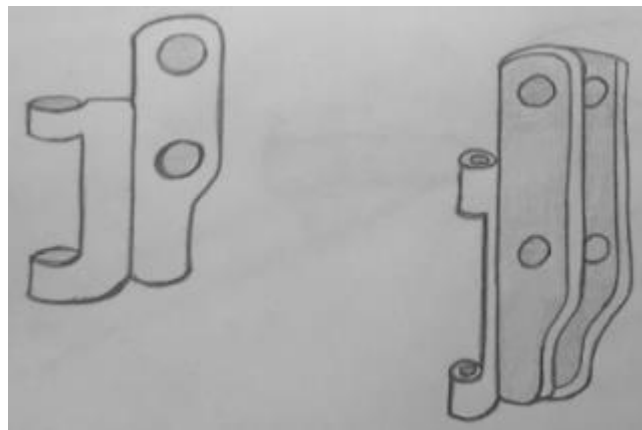


Fig. 41. Boceto a mano alzada del diseño del cuerpo.

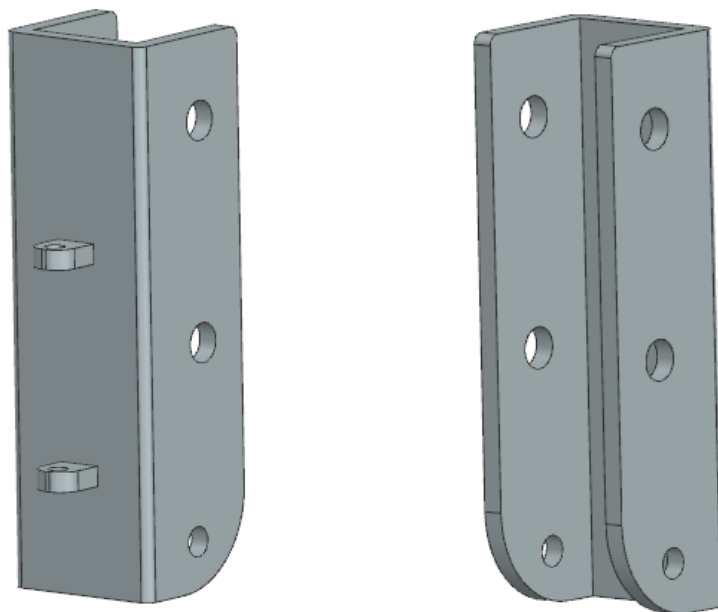


Fig. 42 y 43. Diseño en CAD del diseño del cuerpo.

➤ Brazos

Se componen de 2 partes, la primera puede denominarse como una camisa que es hueca en su interior, de tipo cuadrada y que contiene un barreno en el lado de su extremo redondo, con la finalidad de ensamblarse con el barreno superior del cuerpo mediante un perno de fijación o de anclaje, posteriormente, el extremo posterior cuenta con 3 barrenos más, los cuales le permiten realizar la unión con la segunda parte del brazo, que es el esclavo que se introduce dentro de la camisa con tolerancia suficiente para poder permitir un movimiento libre pero con sujeción, en un extremo cuenta con barrenos que le permiten incorporarse mediante un perno de sujeción o de anclaje con la camisa y que le otorgan el poder extender o minimizar su longitud, mientras que en su otro extremo cuenta con un barreno para poder incorporarse con la siguiente parte del dispositivo.

El sistema cuenta con 2 brazos completos, los cuales embonan en la parte superior e inferior del cuerpo, separados mediante distancia equidistante y teniendo un movimiento de forma paralela hacia y abajo.

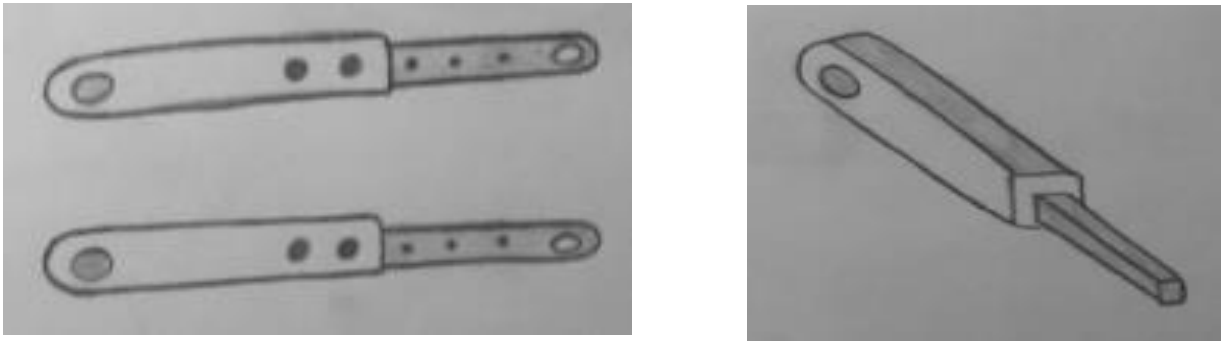


Fig. 44 y 45. Boceto a mano alzada del diseño del brazo.

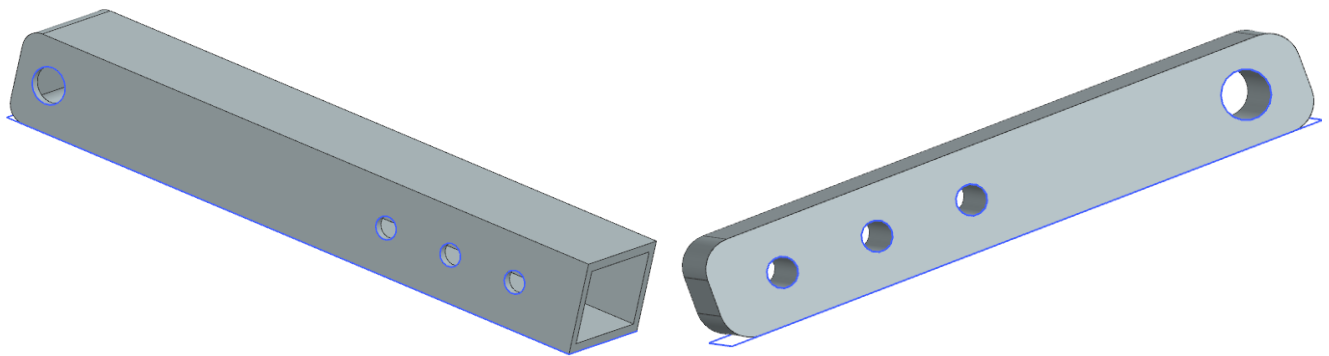


Fig. 46 y 47. Diseño en CAD del diseño del brazo.

➤ Tocho

Esta parte recibe la unión de ambos esclavos de los brazos mediante barrenos que se unen con pernos de anclaje o sujeción en la parte superior e inferior y que le permiten al tocho mantenerse en posición recta ya sea que los brazos suban o bajen. La geometría del tocho está pensada para proporcionar una buena sujeción, ya que aquí es donde se concentrarán los mayores esfuerzos de carga al proporcionar el centro de gravedad del dispositivo, por lo que en un extremo contiene un cilindro hueco, substraído en la parte media con la finalidad de aligerar la pieza y de poder apreciar de una mejor manera la sujeción y ensamble que realiza con la siguiente parte del dispositivo.

Cabe mencionar que el boceto contiene una palanca de movimiento en su parte central, esto se pensó con el fundamento de poder accionar el dispositivo de manera manual, si no fuera de esta forma, la palanca simplemente desaparece del diseño.



Fig. 48. Boceto a mano alzada del tocho.

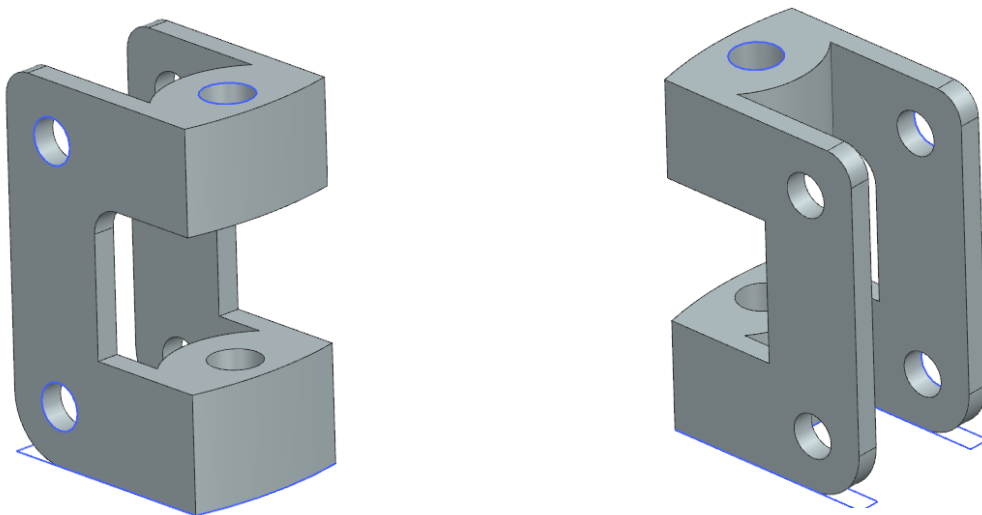


Fig. 49 y 50. Diseño en CAD del diseño del tocho.

➤ **Extensión**

Compuesta por 2 bujes, el primero es sólido con un perno unión en la parte inferior con diámetro más pequeño, el segundo buje es hueco y se localiza en el mismo eje de referencia que el primer buje. Ambos se encuentran unidos mediante un arco que se incorpora a ellos de manera vertical a través de todo lo largo de la altura de los bujes. El objetivo de dicho componente es el de proveer un movimiento de giro de casi 270°, evitando interferencias e impactos. La forma de arco se puede sustituir por alguna recta, pero con ángulo interno, para disminuir las dimensiones y el volumen total del dispositivo.

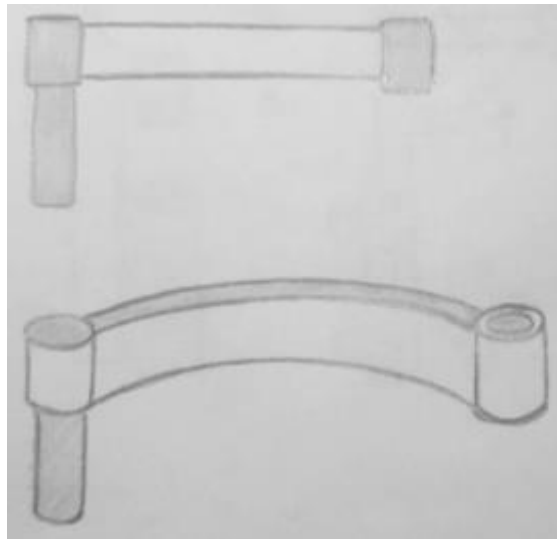


Fig. 51. Boceto a mano alzada de la extensión.

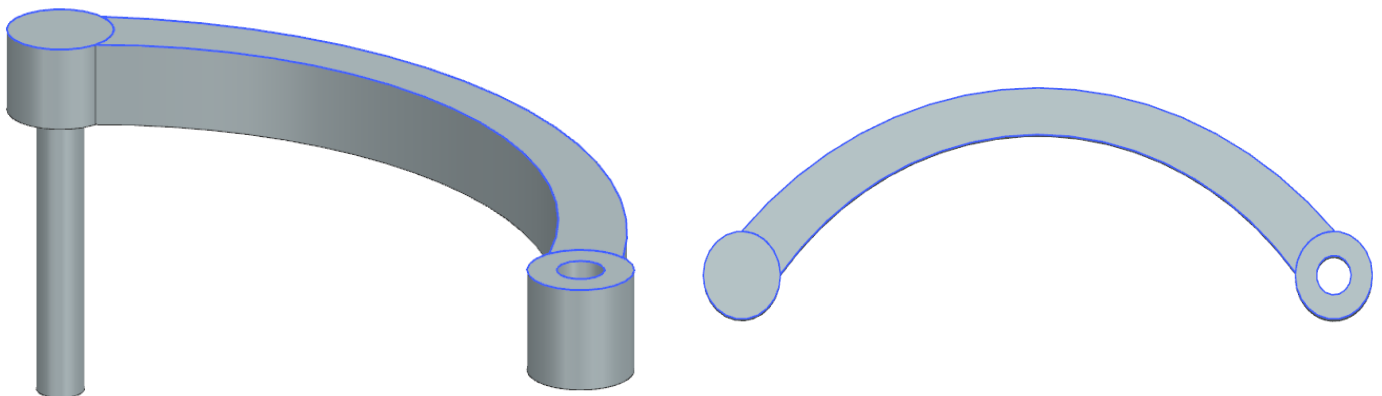


Fig. 52 y 53. Diseño en CAD del diseño de la extensión.

➤ **Halo**

La parte final del dispositivo, pensada en el modelo que lleva el mismo nombre que está incorporado en los monoplazas de la Fórmula 1, en su parte central cuenta con un buje sólido y un perno de sujeción en la parte inferior. En la parte superior, un semiarco con extensiones rectas se une al buje sólido con 3 incrustaciones a cada extremo y en la parte central, que hacen la función de una hebilla que le permitirá sujetar al asiento tipo camilla en donde el usuario se encuentra, para poder elevarlo y realizar el movimiento de traslación.

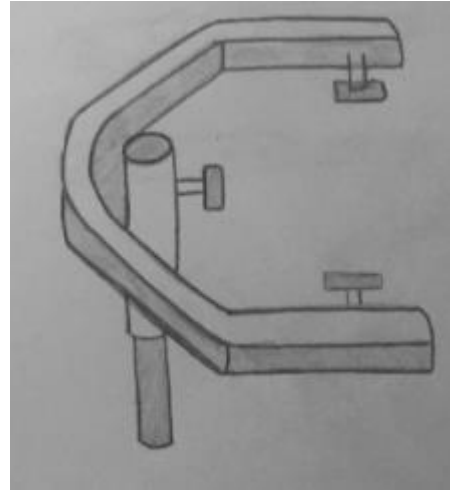


Fig. 54. Boceto a mano alzada del halo.

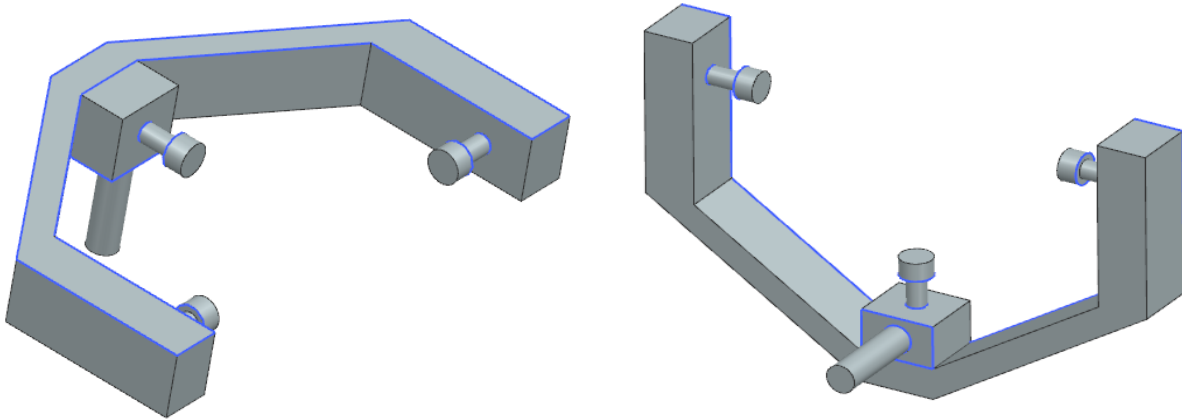


Fig. 55 y 56. Diseño en CAD del diseño de la extensión.

➤ **Actuador**

El actuador lineal escogido se coloca en la parte inferior del cuerpo, como ya se ha mencionado, haciendo la conexión con éste mediante un perno de sujeción que se inserta en la parte baja del actuador, lugar donde se encuentra una bisagra de soporte que es parte de la geometría del mismo actuador. La parte superior de extensión del actuador se encuentra unida al brazo inferior mediante un soporte de tipo junta loca que se encuentra centrado a la distancia media del largo del brazo, con la finalidad de reducir los esfuerzos de carga y le permite al actuador el poder levantar y bajar los brazos de manera vertical y firme, respetando el ángulo de inclinación necesario para poder levantar al usuario de la silla, trasladarlo hasta el asiento y poder bajarlo para depositarlo dentro del auto.

- ***Método de conexión a energía eléctrica***

El actuador elegido (TiMOTION Serie MA2) cuenta con diversas especificaciones presentadas en la Tabla 17, entre las que destacan su factibilidad para operar bajo diversas cantidades de voltaje (12 hasta 36 en CC), por lo que una parte del automóvil que puede brindar dicha cantidad de voltaje es el encendedor de cigarrillos o comúnmente conocido como 'cenicero'.

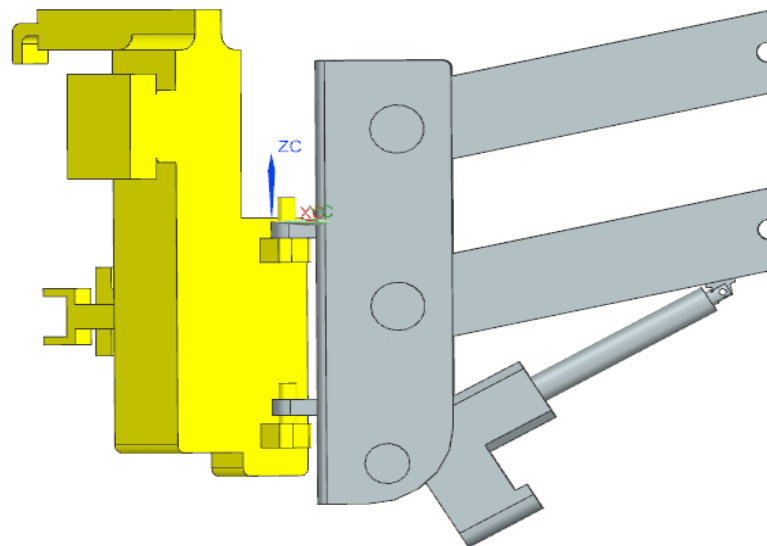
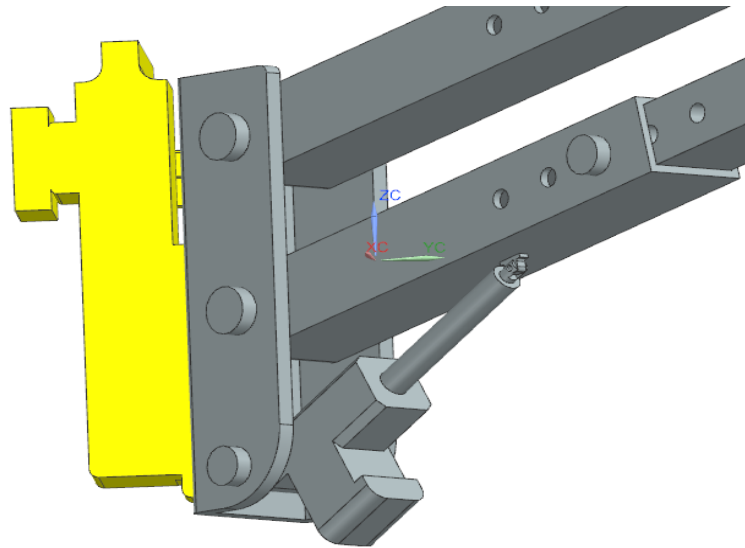
Dentro del uso como encendedor, un cilindro de metal o plástico contiene una fina bobina plana de cinta metálica de níquel, a través de la cual pasa una corriente de aproximadamente 10 [A], activándose cuando el dispositivo se empuja dentro del encaje como un pulsador.

El calefactor cambia de color rápidamente hacia un tono anaranjado en segundos, haciendo que la tira metálica se doble y libere el mecanismo, ayudando al usuario a no tener que calcular el tiempo de operación del calentamiento. Si el encendedor se retira de manera rápida, puede encender un cigarrillo.

Para el uso de toma de corriente, que es donde se centra el interés en esta investigación, el vehículo puede venir con varios enchufes para fines tales como la alimentación de dispositivos GPS portátiles, la recarga de los teléfonos móviles o la alimentación de un inflador de neumáticos, una aspiradora o un refrigerador termoeléctrico. [48]

La especificación ANSI/SAE J563 fue desarrollada para asegurar la compatibilidad entre los receptáculos de encendedor de cigarrillos y los enchufes de 12V de diferentes fabricantes. De acuerdo con la especificación, la parte cilíndrica de un zócalo de 12 V debe conectarse a un negativo (que es la masa de la batería en la mayoría de los sistemas de automoción), mientras que el punto de contacto central está conectado a un positivo. [49]

Por lo tanto, es importante utilizar la ventaja de contar con un adaptador de tomacorriente que viene integrada en la mayoría de los vehículos actuales, que pueda proveer al actuador lineal de la corriente necesaria para poder lograr su correcto funcionamiento mediante una conexión sencilla y un modo de operar seguro.



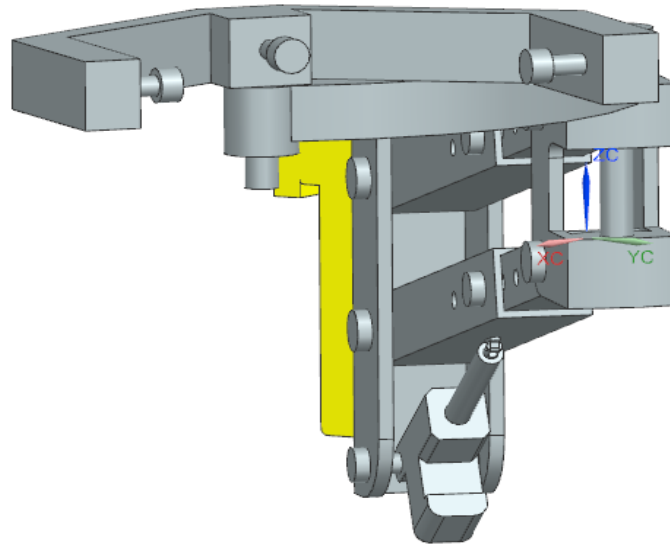


Fig. 57, 58 y 59. Manera de operación del actuador lineal.

4.3.2. Ensamble final y modo de operación

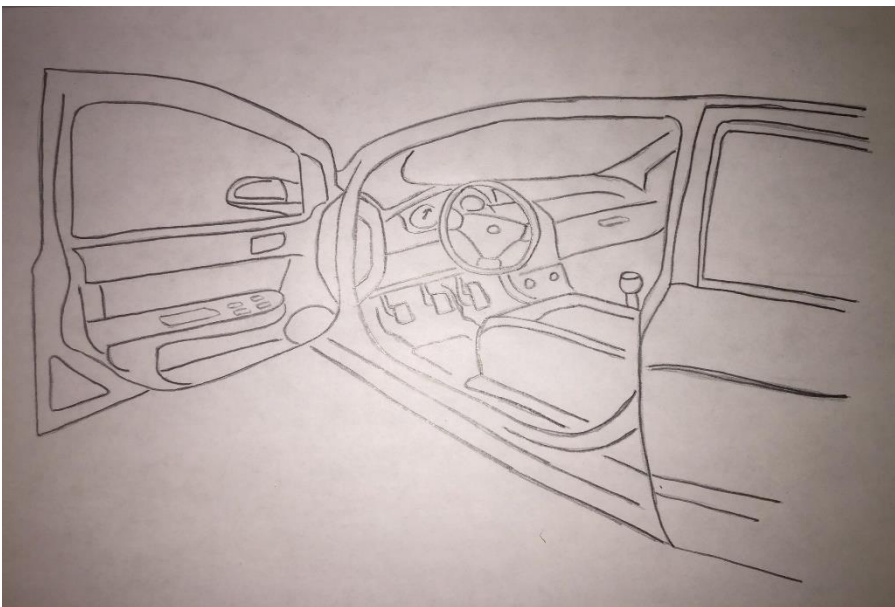


Fig. 60 y 61. Perspectiva de ubicación del dispositivo.

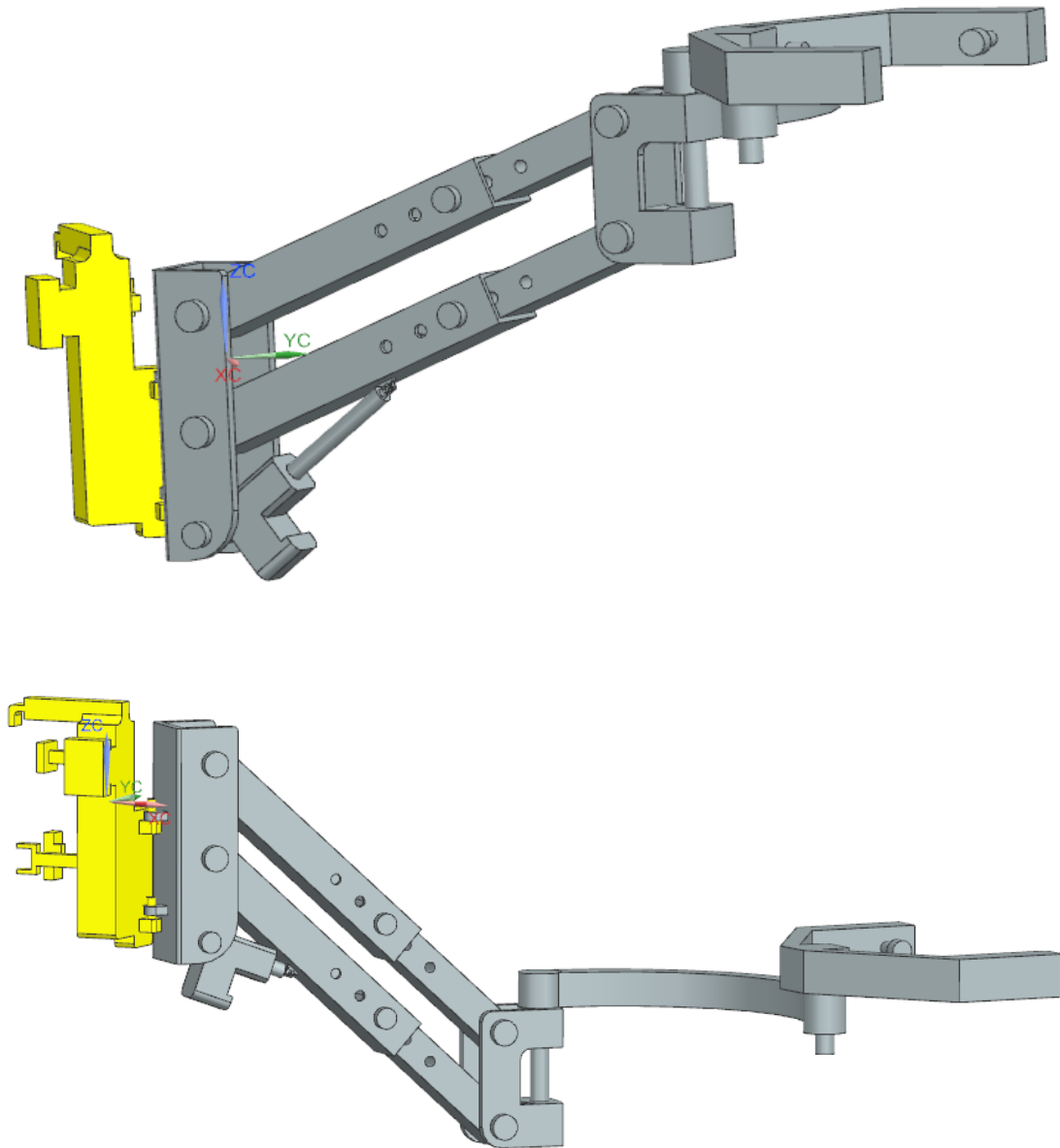


Fig. 62 y 63. Dispositivo completo ensamblado en CAD.

El modo de operación del dispositivo se enlista por pasos a continuación:

1. Colocar la base del dispositivo con ayuda de las agarraderas superior e inferior en las bisagras de la unión puerta-carrocería del vehículo a utilizar, se debe asegurar que el agarre sea firme y completo.

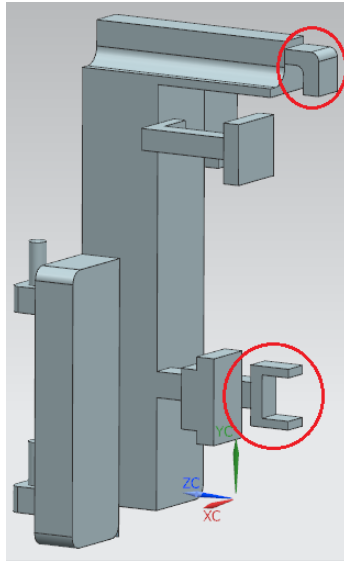


Fig. 64. Ensamble inicial del dispositivo.

2. Ensamblar el cuerpo a la base mediante los pernos guía que contiene la última. Es importante señalar que los brazos y el tocho ya pueden estar incorporados al cuerpo con las distancias deseadas para el usuario en cuestión con la finalidad de hacer más rápido el proceso de ensamble y operación.

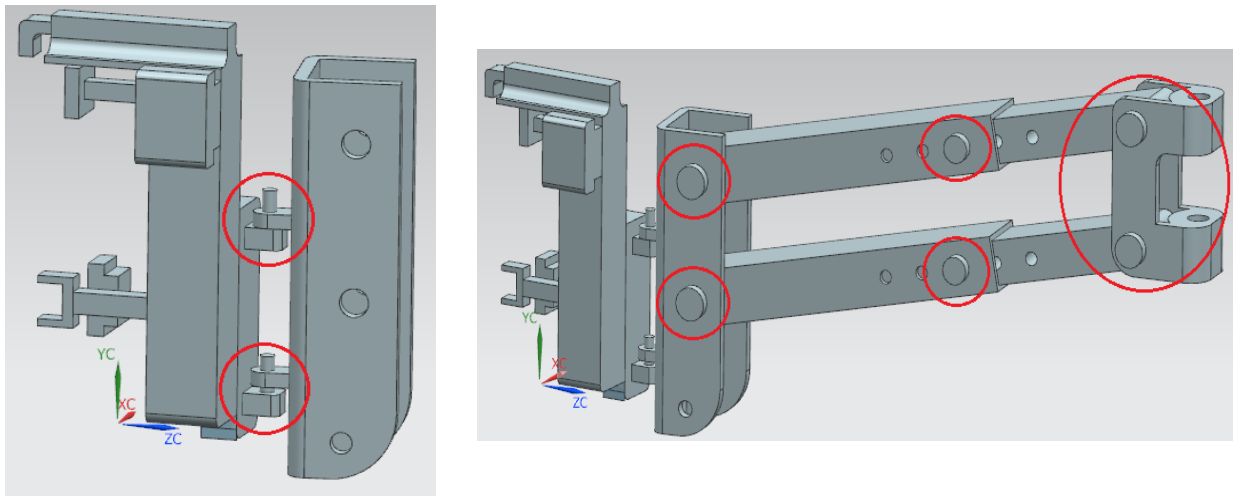


Fig. 65 y 66. Colocación del cuerpo y brazos con tocho a partir de los pernos de sujeción.

3. Insertar el perno de unión de la extensión dentro del barreno del tocho.

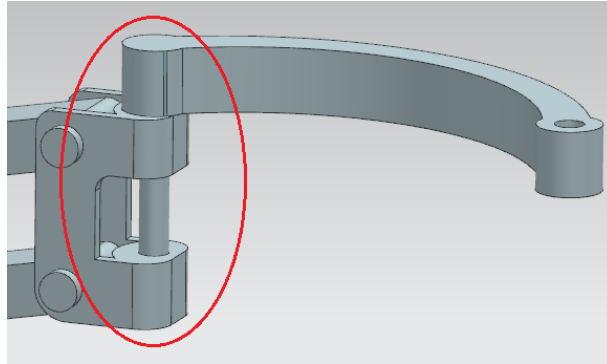


Fig. 67. Extensión insertada en tocho.

4. Colocar el perno de unión del halo dentro del buje barrenado de la extensión.

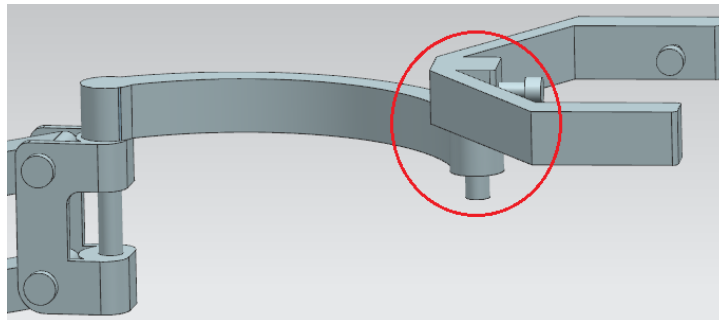


Fig. 68. Ensamble final de halo con el resto del dispositivo.

5. Insertar el actuador lineal dentro del cuerpo, asegurándolo mediante el perno de sujeción localizado en la parte inferior, posteriormente, acoplarlo al brazo 1 que se encuentra en la parte baja del ensamblaje.

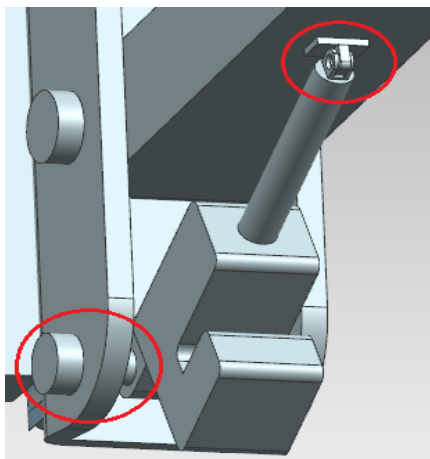


Fig. 69. Configuración sugerida para el correcto ensamblaje del actuador lineal.

6. Asegurarse que todos los componentes pueden rotar y girar libremente sobre sus uniones, en dado caso que exista algún rozamiento puede hacerse uso de lubricante, grasa o WD-40 (aceite penetrante de lubricación).
7. Desarmar el dispositivo inversamente a como fue agregándose las partes del ensamble.

Capítulo 5: Análisis de resultados y trabajo a futuro

En este trabajo se tuvo como punto principal el poder encontrar el diseño de un dispositivo que cumpliera con los requerimientos que fueron brindados, para lo cual fue necesario el uso de un proceso de diseño y de diferentes herramientas computacionales que ayudaran a volver más sencillo y correcto el diseño de dicho sistema.

El método del proceso de diseño que fue utilizado en esta investigación ha demostrado que, al ser puesto en marcha de manera correcta y ordenada por parte del diseñador, brinda resultados muy satisfactorios, que cumplen con las necesidades, requerimientos y posteriormente las especificaciones que se llegan a obtener para poder idealizar una idea y posteriormente tener todas las bases necesarias para conceptualizar de buena manera esa idea en un diseño.

Como punto de partida, el poder realizar un estado de la técnica, completo y exhaustivo, permitió conocer de mejor manera la situación actual de la problemática en cuestión, los principales inconvenientes o dificultades que se presentan hoy en día para los usuarios al igual que el saber para qué porcentaje de población estaría destinado o para cuantas personas podría ser de ayuda, lo que le proporciona un valor agregado al dispositivo ya que está pensado para un grupo de personas numeroso y no solamente para un solo tipo de persona.

Por otra parte dentro de la primera sección, el investigar sobre los dispositivos y/o modificaciones ya existentes así como los artefactos que se utilizan hoy en día y todo lo relacionado con las innovaciones y nuevos diseños en el tema en cuestión, fue de gran utilidad para tener un panorama amplio del problema y el poder comprender mejor las características de cada sistema y dispositivo ya creado o idealizado para poder diseñar uno que partiera de algunas bases ya establecidas y contuviera nuevas características y capacidades que lo volvieran innovador.

El diseño se realizó partiendo de los requerimientos proporcionados, al igual que se tomaron características de otros sistemas que pueden ser aplicables al dispositivo con la finalidad de contener diferentes capacidades y funcionalidades, logrando tener al final una serie de

requerimientos que brindan de manera clara y sencilla, aunque no especifica, las características que debe contener el diseño en cuestión, permitiendo identificar que el dispositivo debiera contar con una estructura resistente, que su tiempo de vida útil elevado, al igual que su instalación fuera fácil y sencilla y que fuera amable de operar.

Para la parte de obtener las especificaciones de la problemática, se utilizó la herramienta HOQ de la metodología QFD (*Quality Function Deployment*), que ayudó a poder jerarquizar de una manera tangible o medible los requerimientos iniciales a manera de especificaciones, lo cual fue de gran importancia, ya que QFD dentro de la primera casa denominada casa de la calidad, elimina la opción de poder sesgar el diseño a manera que el diseñador lo quiera, brindando una importancia relativa de requerimientos y especificaciones de manera descendente que proporciona una manera más sencilla de poder enfocar la atención en los aspectos principales en los que debe basarse el diseño.

Las principales especificaciones obtenidas consistieron en que su tiempo de armado fuera corto y contara con un número de piezas reducido, así como contener un volumen que no fuera tan ostentoso y que los materiales fueran de una calidad superior, pero con un costo relativamente no tan excesivo.

Dentro de la parte de diseño conceptual, la utilización del modelo de caja negra otorga un análisis funcional básico de entradas y salidas para poder comprender que es lo que se tiene y que es lo que se pretende obtener, dejando en segundo plano el procedimiento para poder llegar a dichas salidas. Posteriormente, el análisis mediante un árbol funcional y la definición de dichas funciones permitió identificar de manera estratificada y lógica cada parte o subsistema que debiera contener el dispositivo para poder lograr su objetivo, aquellas que fueron un sistema mecánico con subsistemas de soporte, transmisión y actuación y un sistema eléctrico con un subsistema de potencia para poder estar ligados a un sistema de control que en conjunto pudiera definir a la estructura del dispositivo.

De igual forma, la descripción de cada sistema y de cada una de las posibles opciones de solución para dichos sistemas y subsistemas, hizo posible la elaboración de matrices de decisión que brindaron resultados que otorgan una perspectiva clara y ordenada de la mejor opción para cada sistema y de esta forma poder ser incorporadas al diseño del dispositivo final.

Finalmente, la realización de un diseño de configuración y la elaboración mediante diseño asistido por computadora (CAD) de cada una de las partes y su posterior ensamble en conjunto permitió la obtención de un modelo inicial de tipo prototipo, que plantea la necesidad de fabricación de un modelo primario y posteriormente la realización de pruebas y modificaciones al mismo.

El trabajo a futuro para este proyecto es mucho y abarca diversos factores y estudios, entre los que destacan los siguientes:

1. Se debe realizar un prototipo a escala ya sea mediante manufactura aditiva o utilizando diversos materiales que logren obtener una representación de cada uno de los componentes del dispositivo primario, con la finalidad de verificar la facilidad de ensamble, tolerancias, movimientos y de adecuación de cada componente para poder efectuar la tarea completa.
2. Efectuar un análisis de esfuerzos y una simulación mediante análisis por elemento finito al ensamble en general con las dimensiones y especificaciones finales, con el objetivo de poder obtener un factor de seguridad que pueda demostrar que la geometría es válida y segura para el sistema.
3. Elaborar análisis estático, dinámico y profundo del material propuesto en primera instancia (polímero ABS), y de los procesos de manufactura necesarios para poder lograr cada una de las partes del sistema de manera rápida, eficiente y económicamente viable.
4. Diseñar el tipo de controlador y circuito eléctrico que utilizará el dispositivo, así como adecuar la fuente de energía para que pueda usarse la energía brindada por la batería del vehículo.
5. Finalmente, se requiere realizar el diseño de detalle para cumplir con los parámetros necesarios de manufactura y de propiedades mecánicas.

Capítulo 6: Conclusiones

El diseño conceptual del dispositivo al que se llegó en esta tesis cumple con los requerimientos iniciales y posteriormente, con las especificaciones de diseño encontradas mediante la matriz QFD, ya que cuenta con diversos componentes que fueron estudiados, analizados y evaluados uno a uno para poder escoger la mejor opción propuesta para cada sistema y subsistema mediante matrices de decisión.

Dentro de los requerimientos más importantes porcentualmente, destacan que su estructura fuera resistente y que su instalación fuera fácil y sencilla al igual que su modo de operar no causara impedimentos. Por lo que el dispositivo se creó con la mentalidad de poder cubrir dichos aspectos al contar con un material resistente como lo es el polímero ABS, que es utilizado para prótesis médicas y en piezas automotrices, y que su ensamble se pudiera realizar sin la necesidad de utilizar alguna herramienta.

La utilización de un mecanismo de 4 barras se aprecia en el diseño de los brazos y de su unión con el cuerpo y con el tocho, al igual que la aparición de un actuador lineal que cuenta consigo con una caja de engranes que proporcionan el movimiento recto y eficiente, nos permiten apreciar la importancia de las matrices de decisión y de su inclusión en el diseño final.

De manera general, cada una de las partes que engloban al dispositivo permiten cumplir con las especificaciones de diseño obtenidas, ya que cuentan con un volumen ideal para poder ser utilizadas en cualquier vehículo, siempre y cuando las dimensiones de anclaje de la base lo permitan. Si se considera el número de piezas, estas no superan las 10 unidades, lo cual lo vuelve práctico y útil tanto de cargar como de ensamblar en un corto periodo de tiempo, así como la manera de utilizarlo, ya que le permite al usuario poder ser independiente en su movimiento y ayudarlo de una manera rápida y eficiente al igual que segura a poder abordar o descender de su vehículo.

Sin embargo, el diseño no puede considerarse como el modelo final de fabricación y tampoco se puede deducir que dicho diseño solucionará la problemática en su primera puesta a punto, ya que deben realizarse una serie de pasos o elaboraciones subsecuentes que permitan analizar a mayor profundidad cada uno de los elementos y de la seguridad que brindaran al estar operando de manera ordenada y oficial. Derivado de lo anterior, el diseño puede quedarse como está o puede sufrir cambios estructurales y de partes, dependiendo de gran medida del proceso de manufactura que sea finalmente empleado para su elaboración, cambiando de utilizar manufactura aditiva a métodos convencionales de transformación de procesos, como lo son soldadura, corte por cizalla, doblado, torneado y fresado.

Cabe resaltar que el diseño al que se llegó fue resultado de poder conjeturar diversas características, formas y funcionamiento de diversos dispositivos y/o adaptaciones que ya existen (como se presenta en el capítulo 1), por lo que podría considerarse como un diseño híbrido entre la parte mecánica y eléctrica.

Dicho diseño híbrido brinda facilita la realización del trabajo a futuro presentado, con la finalidad de poder llegar a un posible rediseño de piezas o del sistema completo, y de esta forma, encontrar el diseño perfecto para la correcta y completa solución de la problemática en cuestión.

Finalmente, la elaboración de la investigación aquí presentada representó un completo reto en todos los aspectos, entre ellos el ya mencionado derivado a la pandemia ocasionada por el virus SARS-COV-2, que vino a cambiar el mundo por completo y, por ende, la manera en cómo se tenía pensado desde un principio el desarrollo de la tesis. Ajustarse a las necesidades, a los recursos y a las nuevas formas de trabajar a distancia son algunos de los aspectos que adquirí y pude mejorar en este tiempo, de igual forma, el poder aplicar la mayoría de los conocimientos adquiridos durante la carrera bajo el ámbito de la especialidad del diseño y seguir una metodología ya probada y utilizada para la creación de diferentes productos actuales, me dejó una enseñanza y experiencia demasiado importante en la manera de poder ver conceptualizadas y plasmadas las ideales iniciales que surgieron en mi al momento de estar analizando por primera vez la problemática que se aborda como tema de estudio.

Referencias

- [1] INEGI, *Censo General de Población y Vivienda, 1970*. Inmujeres con base en CONAPO. Proyecciones de la Población 1990-2009 y 2010-2050
- [2] *Situación de las personas adultas mayores en México*. Instituto Nacional de las Mujeres. Febrero 2015
- [3] Consejo Nacional de Población CONAPO
- [4] *Censo de Población y Vivienda 2010*. Consulta interactiva CONAPO. Proyecciones de la población 2010-2050
- [5] INEGI, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2014
- [6] INEGI, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2014
- [7] INEGI, Situación de las personas adultas mayores en México
- [8] INSP, ENSANUT, 2012
- [9] INSP, ENSANUT, 2012
- [10] Manrique-Espinoza B, et. al. *Condiciones de salud y estado funcional de los adultos mayores en México*. Salud Pública de México / vol. 55, suplemento 2 de 2013
- [11] INEGI. Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica 2018
- [12] INEGI, 2010
- [13] INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010 cuestionario ampliado
- [17] <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/que-automovil-evolucionaria-ergonomia-total>
- [18] *Serie Transporte y Movilidad*. Productos que facilitan el acceso al vehículo.
- [19] *Adapta*. Incluyendo la movilidad para todos.
- [20] French, M.J., *Conceptual Design for Engineers*. First ed. 1971, London: Springer Verlag
- [21] Ulrich, K., Eppinger, S. *Diseño y desarrollo de productos*. 5ta ed. 2013, México: The McGraw Hill Education.

[22] Ullman, D., *The Mechanical Design Process*. 2nd ed. 1997, London: The McGraw Hill Companies, Inc. 336

[23] Gómez-Senent Martínez E., *El proyecto -diseño en ingeniería-*, 1a ed. 2001, Universidad Politécnica de Valencia, Alfaomega

[24] Vargas, E., *Diseño conceptual de una prótesis para un niño con amelia congénita (ausencia de miembros pélvicos)*. Universidad Nacional Autónoma de México. Diciembre 2006.

[25] Flores, R., Juárez, A., *Diseño de prótesis mecatrónica de mano*. Universidad Nacional Autónoma de México. Abril 2007.

[26] *Qualica QFD Software*. GmbH, Muenchner Technologiezentrum Frankfurter Ring 193a, 80807 Munchen Germany.

[46] Panero, J., Zelnik, M., *LAS DIMENSIONES HUMANAS EN ESPACIOS INTERIORES*. 7ma ed. 1996, México: Ediciones G. Gili S A.

[48] *INEGI*. Clasificación de Tipo de Discapacidad – Histórica.

Mesografía

[17] <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/que-automovil-evolucion-a-ergonomia-total>

[27] www.qfdonline.com

[28] <https://www.asoc-aluminio.es/el-aluminio/propiedades-del-aluminio>

[29] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn110.html>

[30]

<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm#:~:text=Elemento%20qu%C3%ADmico%20met%C3%A1lico%2C%20de%20s%C3%ADmbolo,y%20adquirir%20varias%20propiedades%20%C3%BAtiles>

[31]

[https://www.aceroslevinson.com/plasticos/nylamid/#:~:text=%5B%20Nylamid%20XL%20\(XL%20%3D%20Extra,absorci%C3%B3n%20de%20humedad%20es%20menor.](https://www.aceroslevinson.com/plasticos/nylamid/#:~:text=%5B%20Nylamid%20XL%20(XL%20%3D%20Extra,absorci%C3%B3n%20de%20humedad%20es%20menor.)

[32] <https://carbosystem.com/fibra-de-carbono-2/>

[33] [https://www.ecured.cu/Fibra de carbono](https://www.ecured.cu/Fibra_de_carbono)

[34]

<https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=propiedadesdeltitanio&LN=ES#:~:text=Las%20propiedades%20del%20titanio%2C%20que,y%20otras%20aplicaciones%20de%20alta>

[35]

<https://okdiario.com/curiosidades/caracteristicas-del-titanio-563533/fotos/titanio-caracteristicas-usos-2>

[36]

<http://hxx.es/2015/03/23/materiales-de-impresion-3d-ii-abs-acrilonitrilo-butadieno-estireno/#:~:text=Las%20grandes%20propiedades%20que%20tiene,y%20resistencia%20a%20la%20fusi%C3%B3n>.

[37]

<https://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/abs.html>

[38]

https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/43_engranajes.html

[39]

https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7892/2374_tesis_Diciembre_2010_895687987.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[40]

<https://sites.google.com/site/sergio1mecatronica/home/transmision-de-movimientos/5poleas-y-correas>

[41]

<http://dinamicademaquinariaesimecu.blogspot.com/2015/04/tipos-de-bandas.html>

[42]

<https://www.slideshare.net/XDdanXD/mecanismos-de-cuatro-barras-luis-felipe-correa-vivian-dueas-1002/2>

[43]

<https://wwwwhatsnew.com/2019/09/07/tipos-de-motores-de-bicicletas-electricas/>

[44]

<http://electrofacil-soltec.blogspot.com/2017/03/receptores-motores-monofasicos.html>

[45]

<https://www.timotion.com/es/product/detail/linear-actuators/ma2-series?upcls=1481269298&guid=1488425822>

[47]

<https://es.razmery.info/t%C3%A9cnica/carrocer%C3%ADas/dimensiones-de-las-carrocer%C3%ADas-nissan-tiida.html>

[48]

<https://www.mundodelmotor.net/toma-de-mechero/#:~:text=Los%20enchufes%20estandarizados%20de%202012,de%20los%20encendedores%20de%20cigarrillos>.

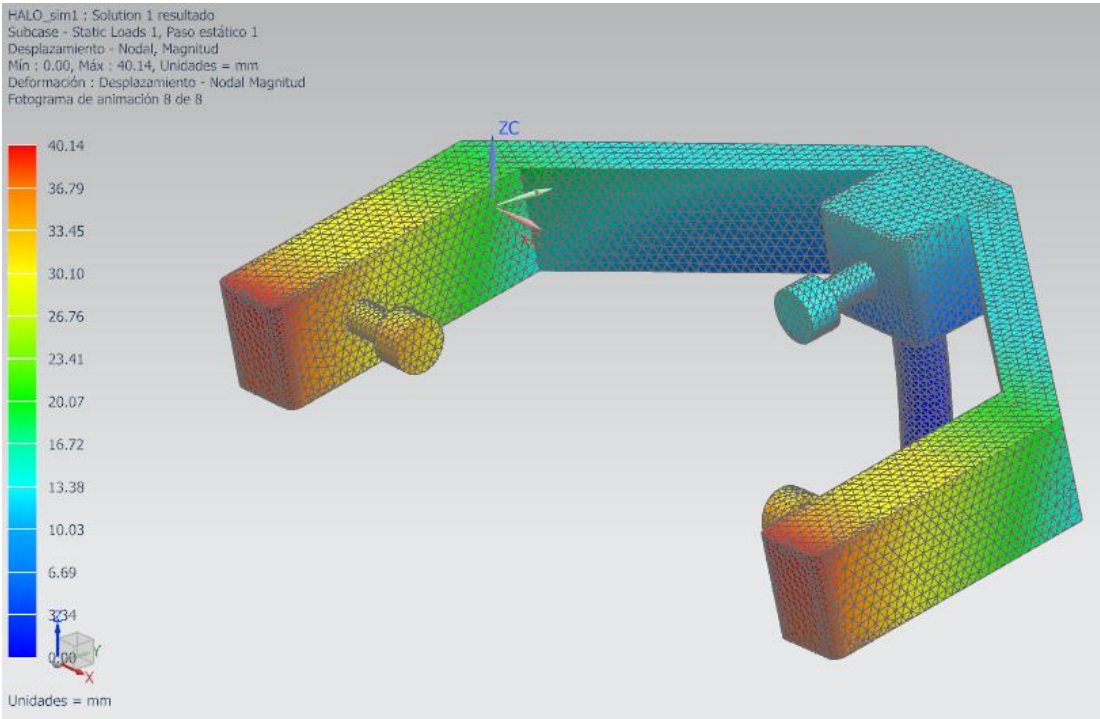
[49]

<https://tecnonautas.net/es-solo-un-encendedor-de-cigarrillos-o-una-toma-de-corriente/>

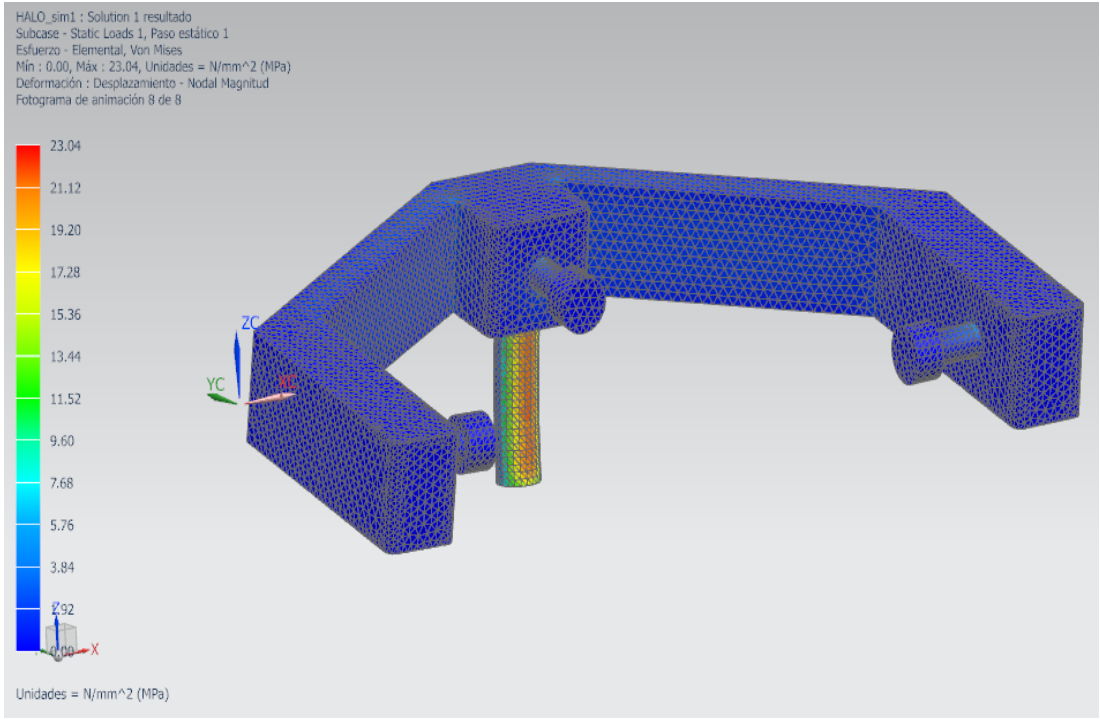
Apéndices

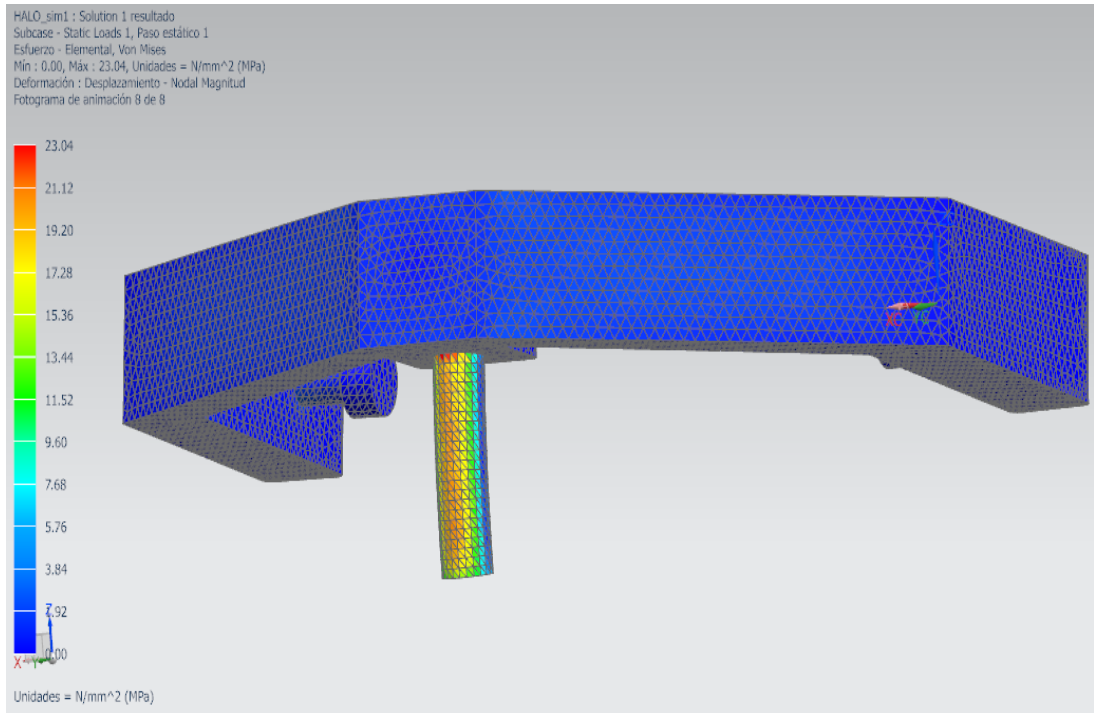
Análisis FEM HALO

- Desplazamientos



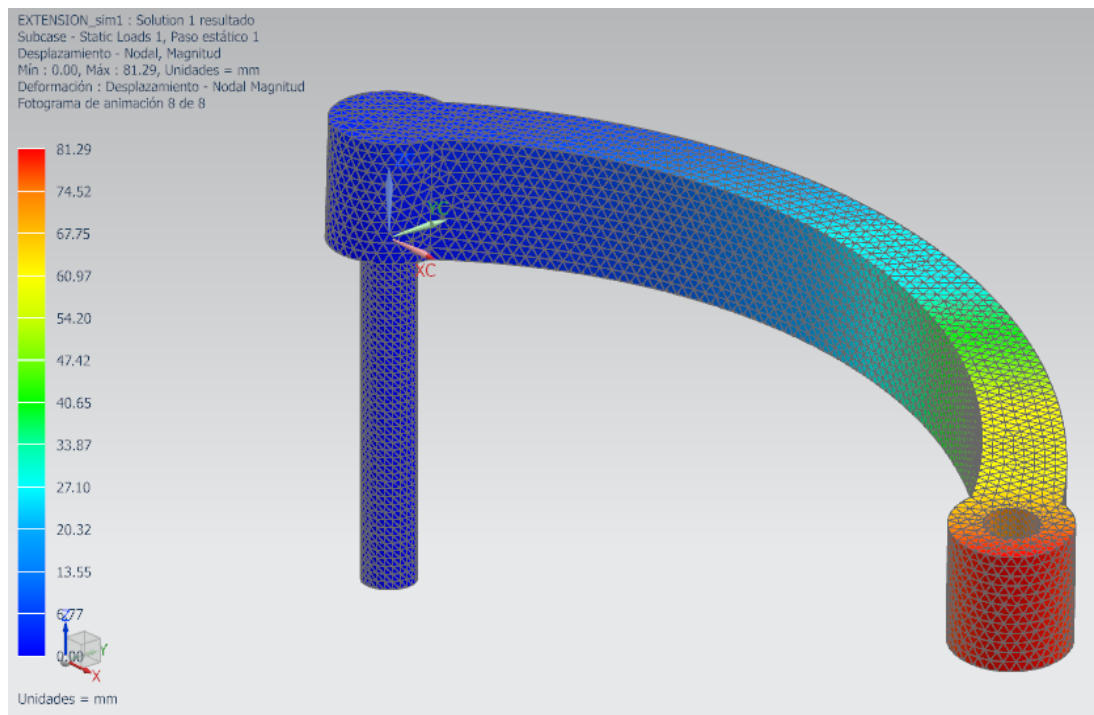
- Esfuerzos de Von Mises



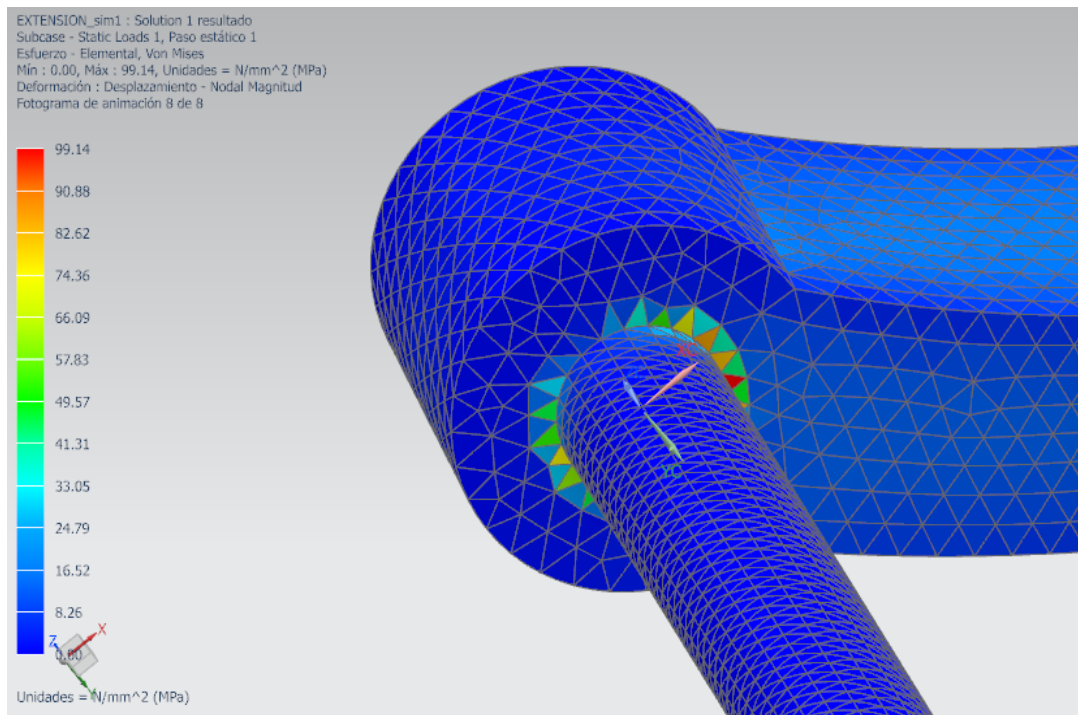


Análisis FEM EXTENSION

- Desplazamientos

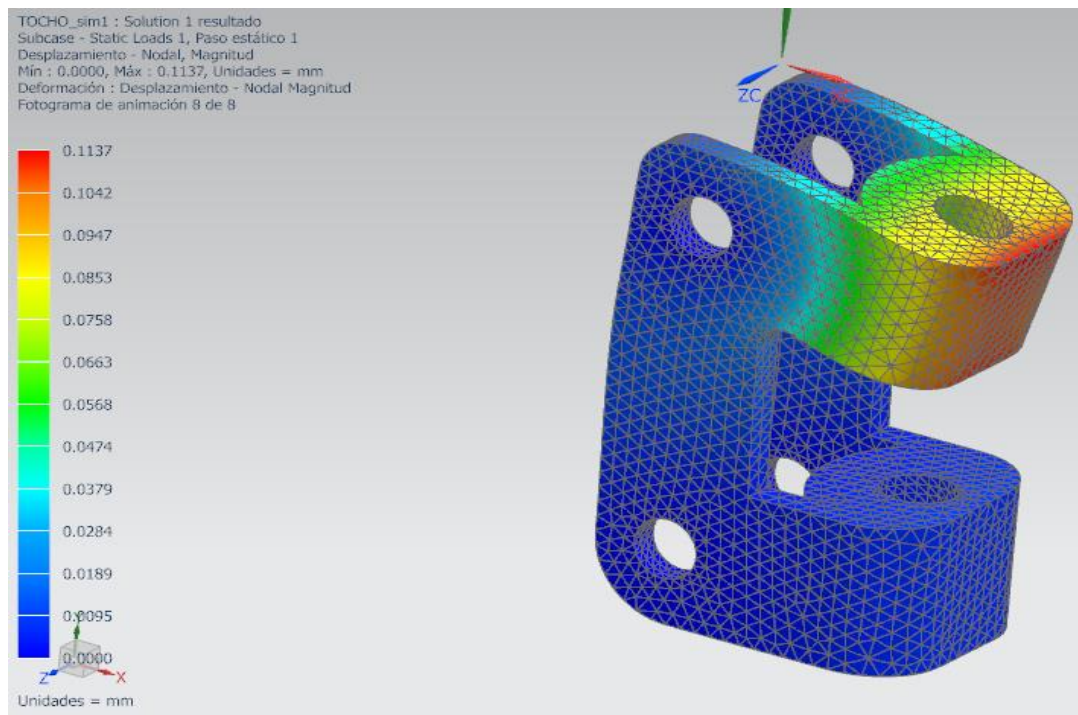


- Esfuerzos de Von Mises

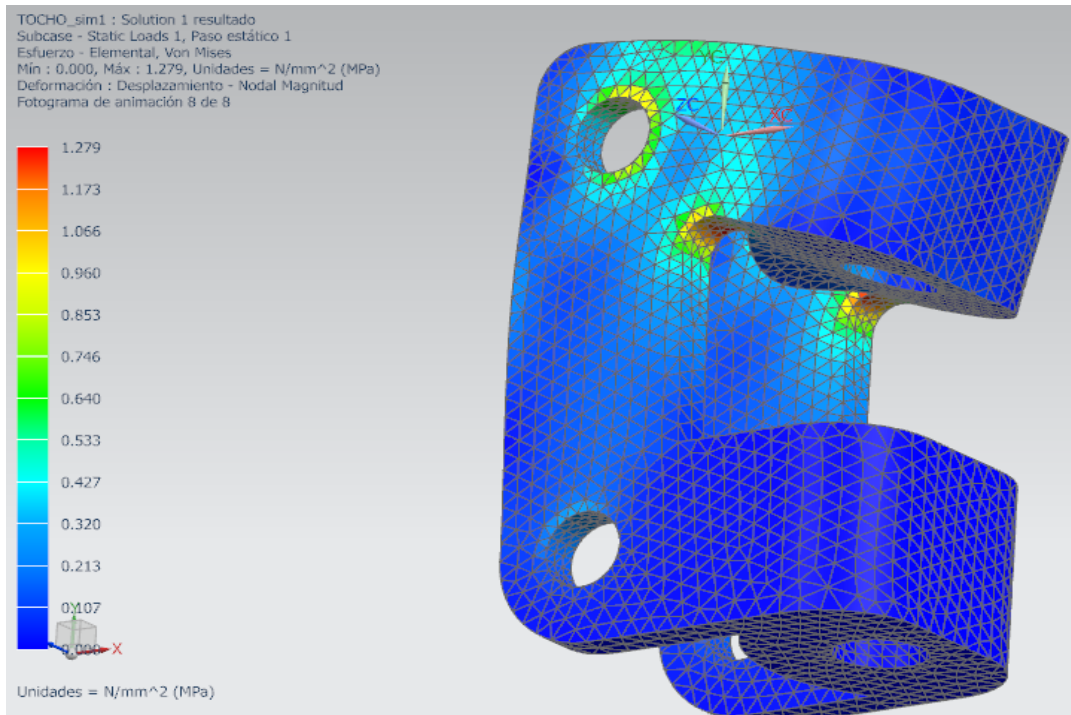


Análisis FEM TOCHO

- Desplazamientos

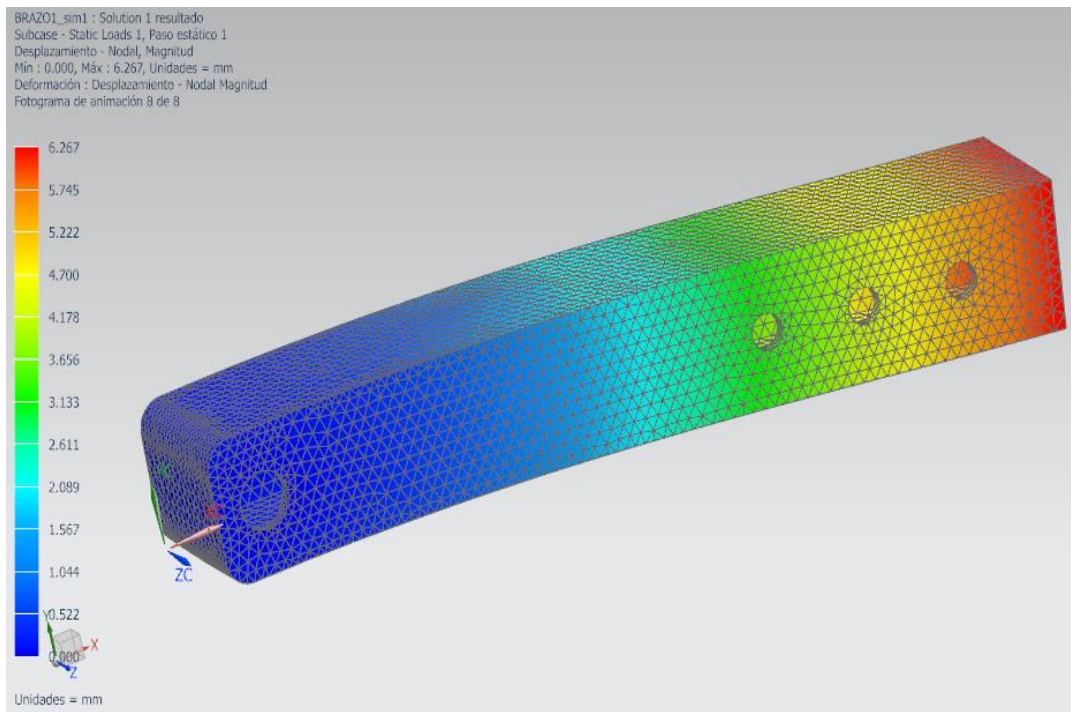


- Esfuerzos de Von Mises

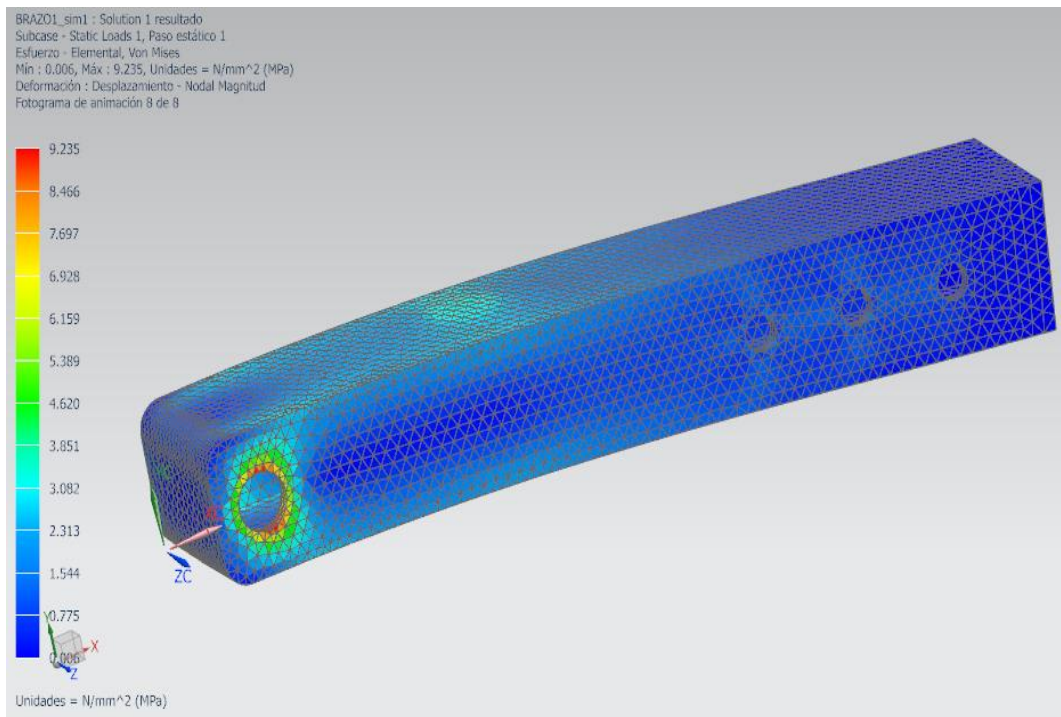


Análisis FEM BRAZO

- Desplazamientos

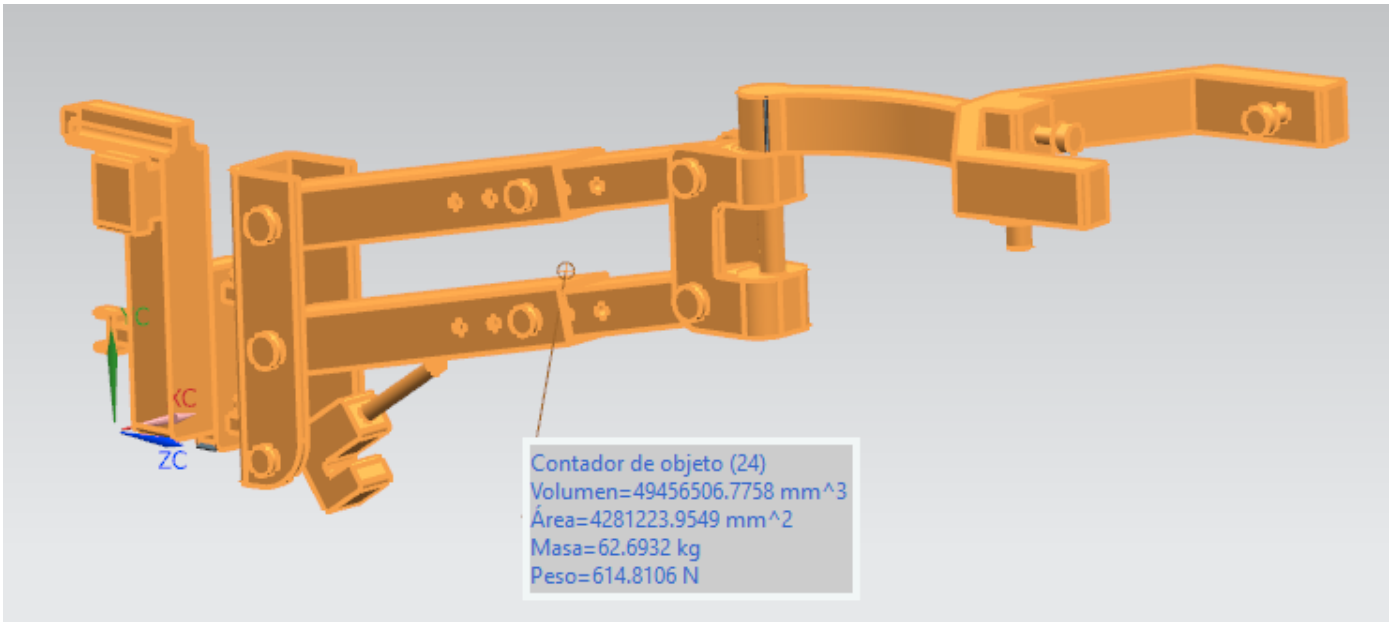


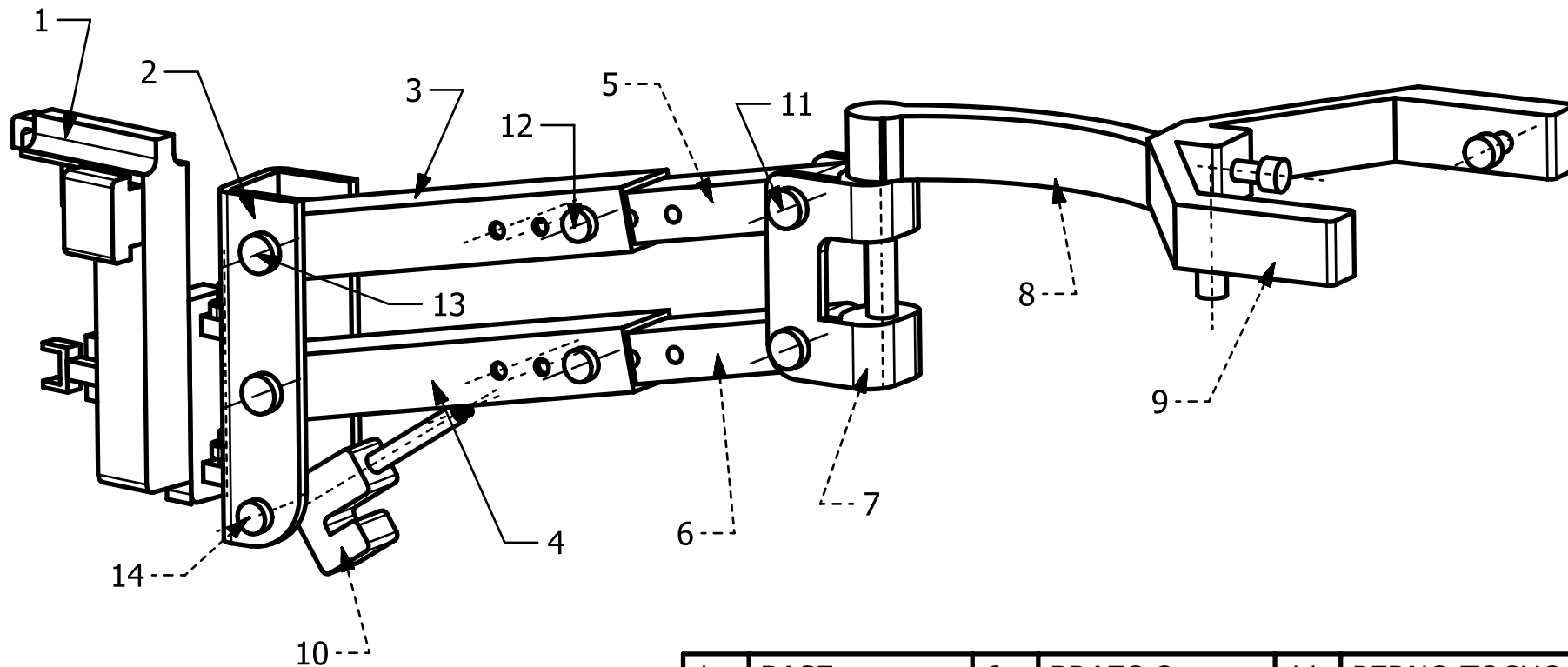
- Esfuerzos Von Mises



INFORMACIÓN GENERAL DEL ENSAMBLE

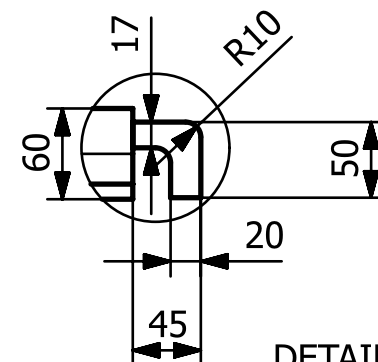
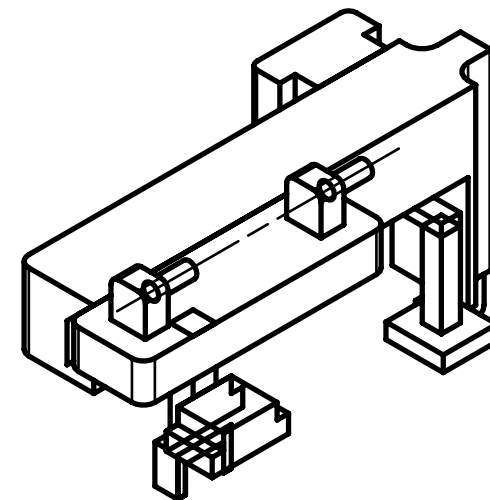
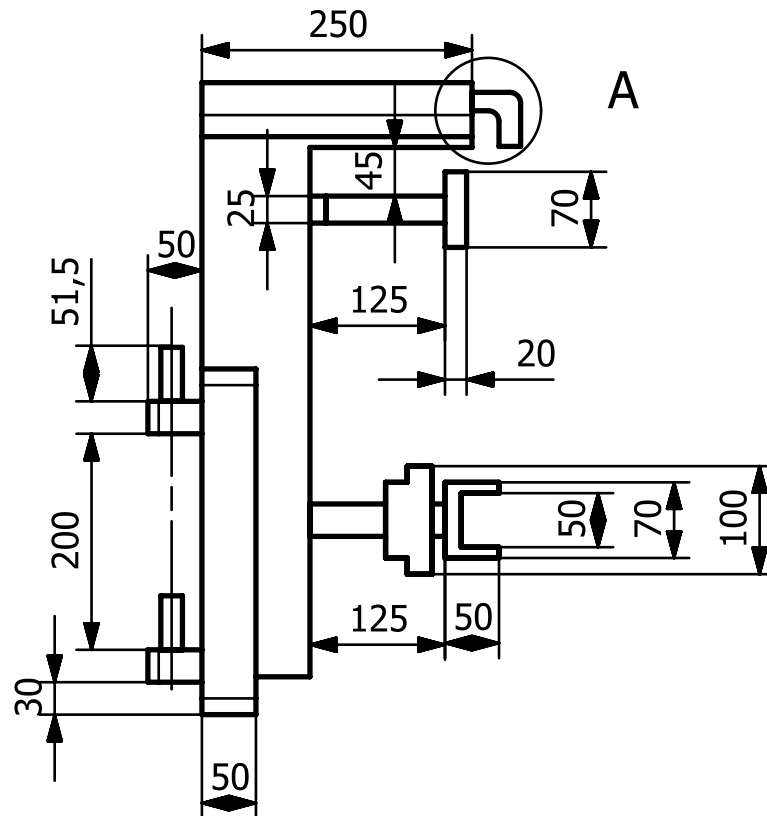
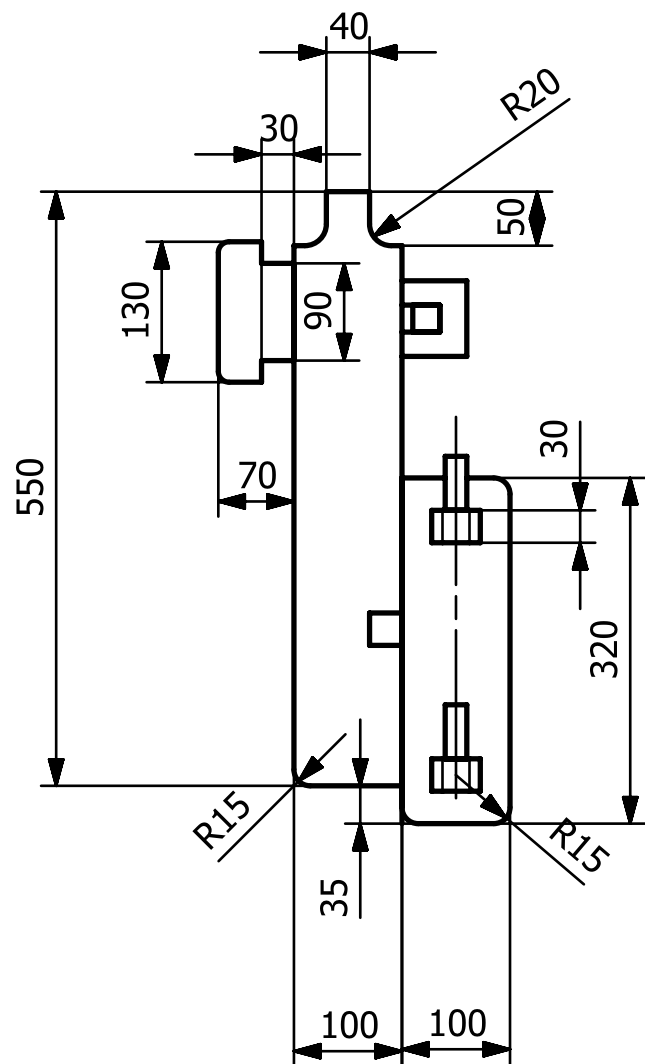
Nombre descriptivo de la pieza ▲	Material	Peso (g)	Peso (kg)
Secciones			
<input checked="" type="checkbox"/> ENSAMBLE_COMPLETO (Orde...		50262....	50.2625
Restricciones			
<input checked="" type="checkbox"/> BASE	ABS	9314.47...	9.3145
<input checked="" type="checkbox"/> CUERPO	ABS	4694.41...	4.6944
<input checked="" type="checkbox"/> BRAZO1 x 2	ABS	3174.85...	3.1749
<input checked="" type="checkbox"/> PERNO_CUERPO x 2	ABS	289.1301	0.2891
<input checked="" type="checkbox"/> TOCHO	ABS	3523.47...	3.5235
<input checked="" type="checkbox"/> BRAZO2 x 2	ABS	4165.66...	4.1657
<input checked="" type="checkbox"/> PERNO_BRAZOS x 2	ABS	107.7027	0.1077
<input checked="" type="checkbox"/> PERNO_TOCHO x 2	ABS	256.3081	0.2563
<input checked="" type="checkbox"/> EXTENSION	ABS	6939.80...	6.9398
<input checked="" type="checkbox"/> HALO	ABS	9636.47...	9.6365
<input checked="" type="checkbox"/> PERNO_ACTUADOR	ABS	166.5679	0.1666
<input checked="" type="checkbox"/> ACTUADOR1			
<input checked="" type="checkbox"/> ACTUADOR 3			
<input checked="" type="checkbox"/> ACTUADOR2			





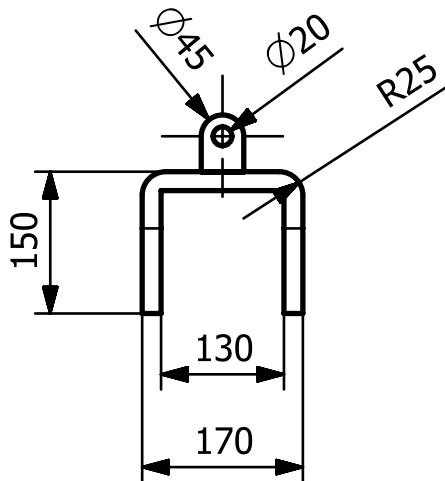
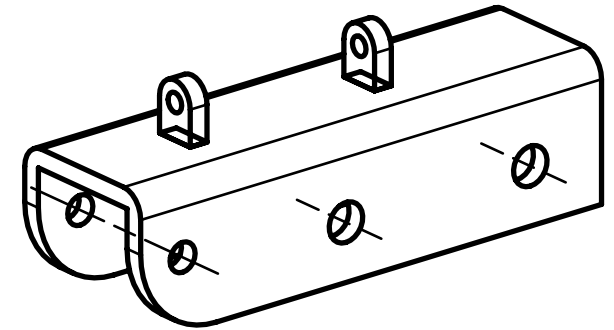
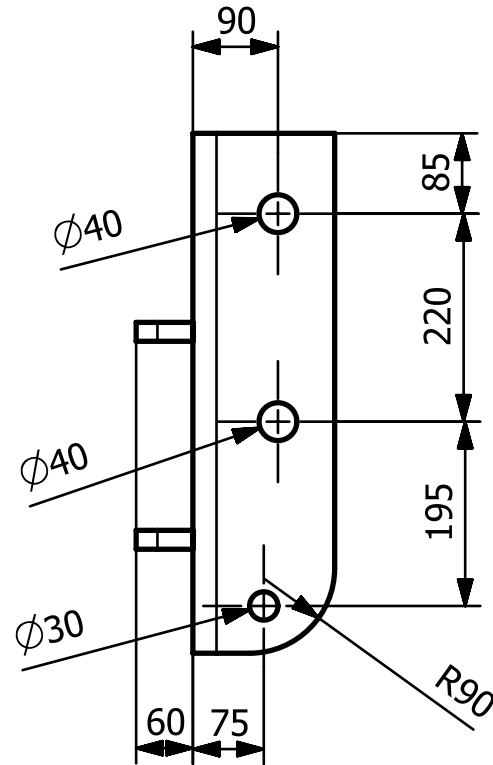
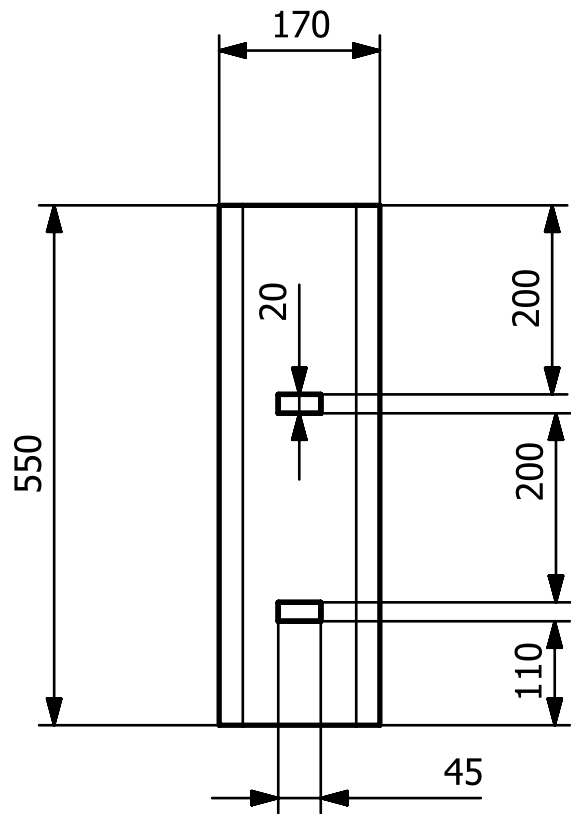
1	BASE	6	BRAZO 2	11	PERNO TOCHO
2	CUERPO	7	TOCHO	12	PERNO BRAZO
3	BRAZO 1	8	EXTENSION	13	PERNO CUERPO
4	BRAZO 1	9	HALO	14	PERNO ACTUADOR
5	BRAZO 2	10	ACTUADOR		

DIBUJO: LRVZ		PIEZA: ENSAMBLE	
REVISO: AEB			
FECHA: 03/2021			
TOLERANCIA: +/- 5		UNAM	
ESCALA: 1:5	UNIDADES: mm	DESCRIPCION: ENS-001-21	9 DE 9

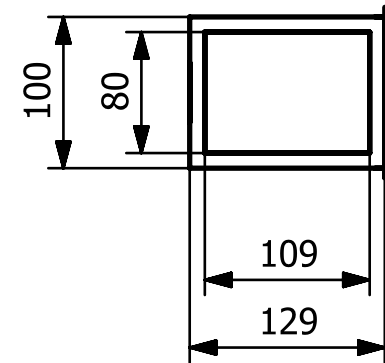
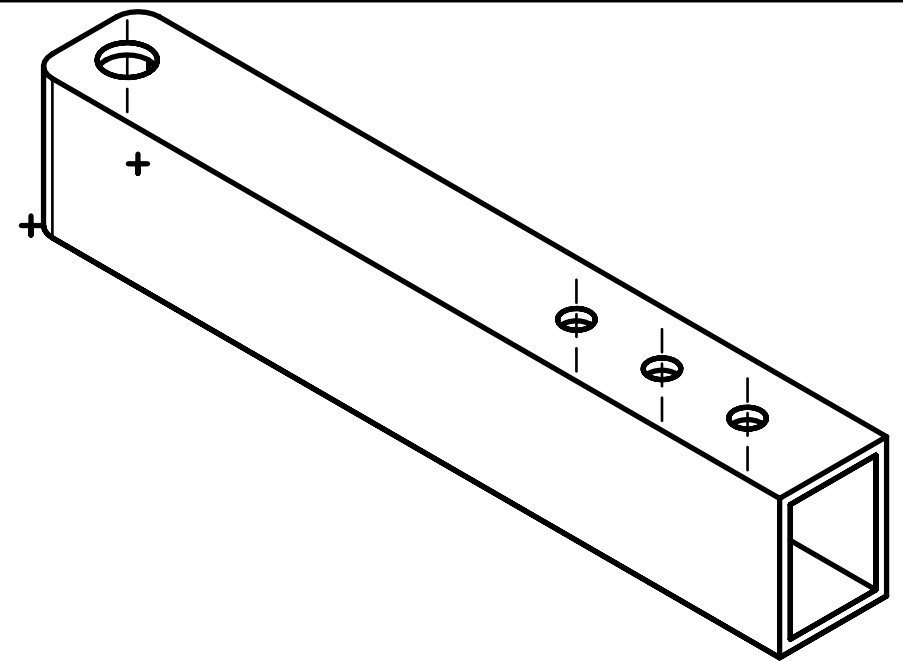
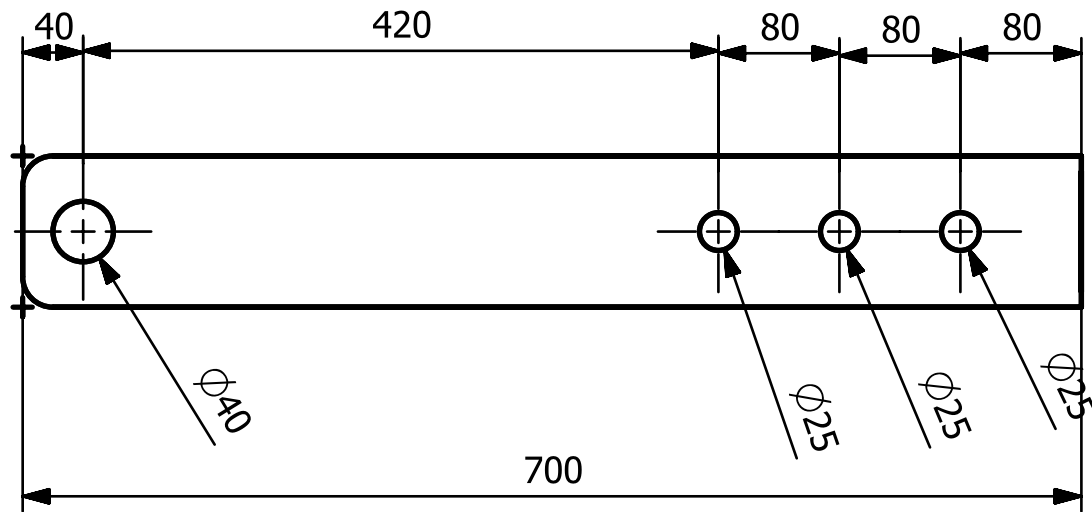


DETAIL A
SCALE 1:5

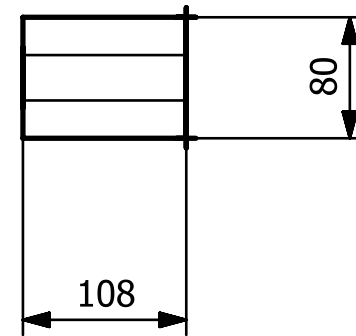
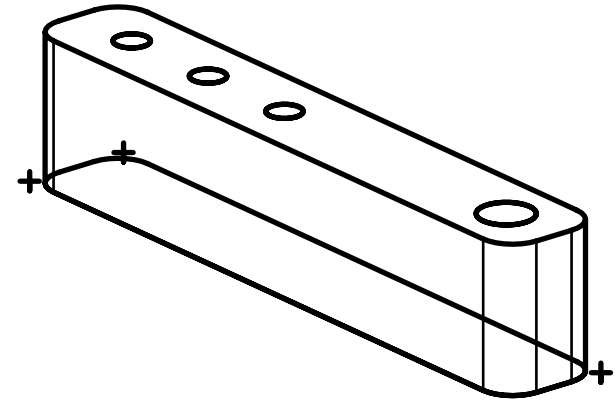
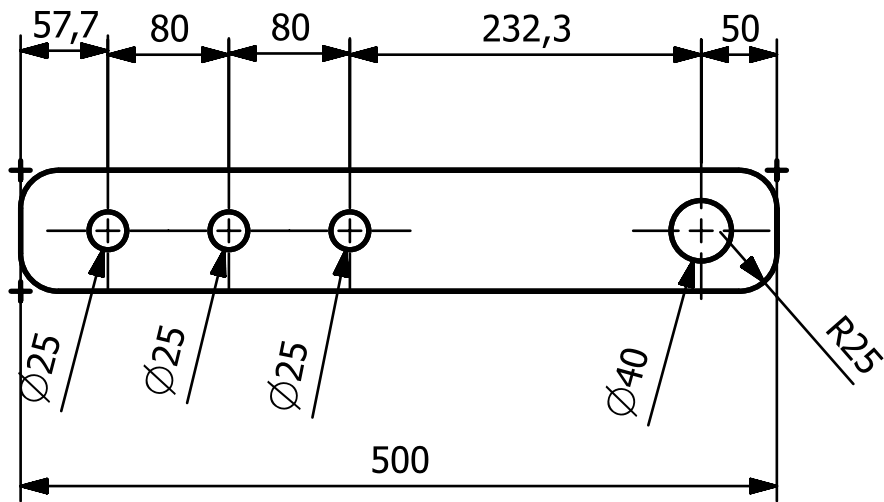
DIBUJO: LRVZ		PIEZA: BASE	
REVISO: AEB			
FECHA: 03/2021			
TOLERANCIA: +/- 5		UNAM	
ESCALA: 1:5	UNIDADES: mm	DESCRIPCION: BA-001-21	1 DE 9



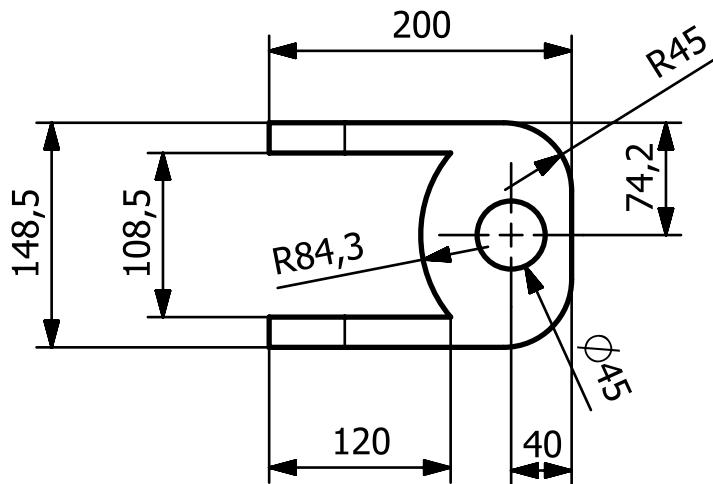
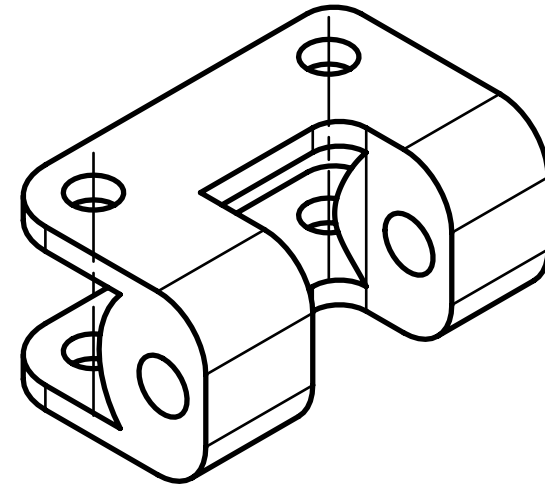
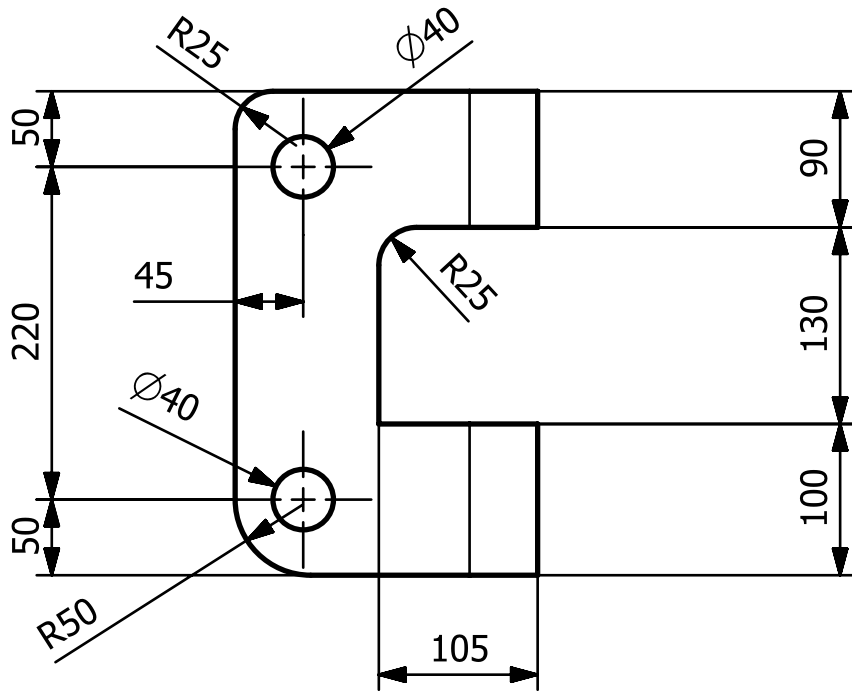
DIBUJO: LRVZ		PIEZA: CUERPO	
REVISO: AEB			
FECHA: 03/2021			
TOLERANCIA: +/- 5		UNAM	
ESCALA: 1:8	UNIDADES: mm	DESCRIPCION: CU-001-21	2 DE 9



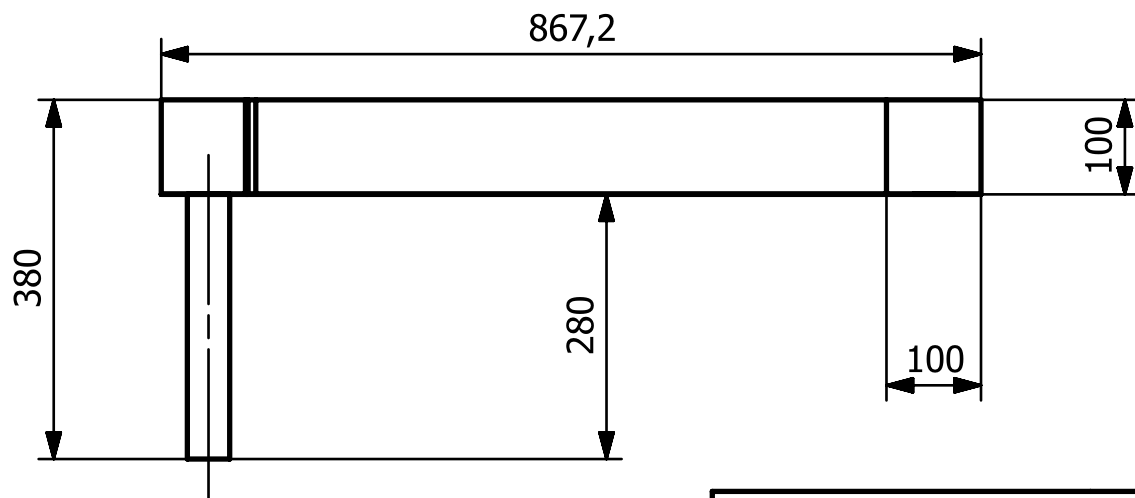
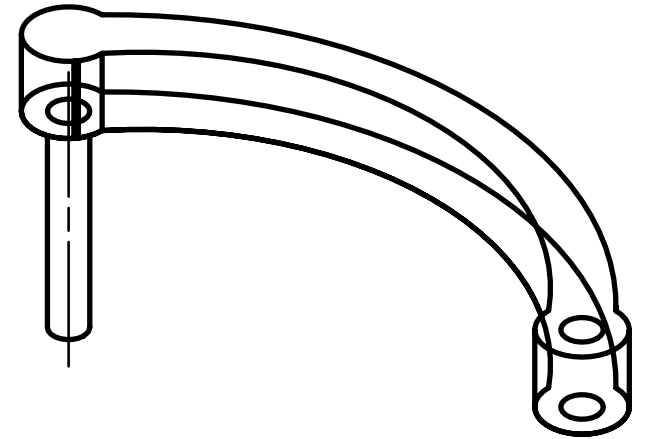
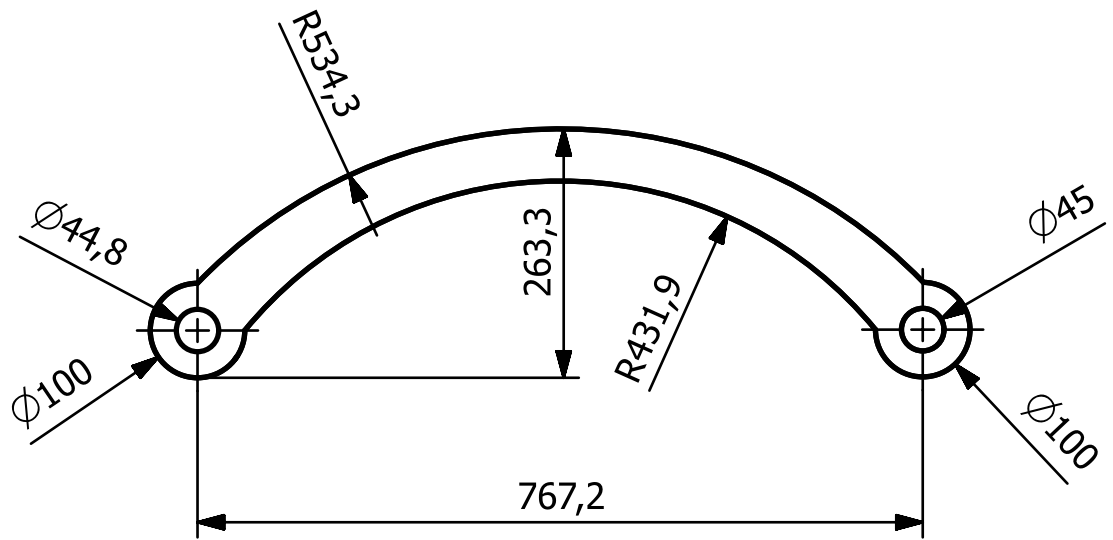
DIBUJO: LRVZ		PIEZA: BRAZO 1	
REVISO: AEB			
FECHA: 03/2021			
TOLERANCIA: +/- 5		UNAM	
ESCALA: 1:5	UNIDADES: mm	DESCRIPCION: BR1-001-21	3 DE 9



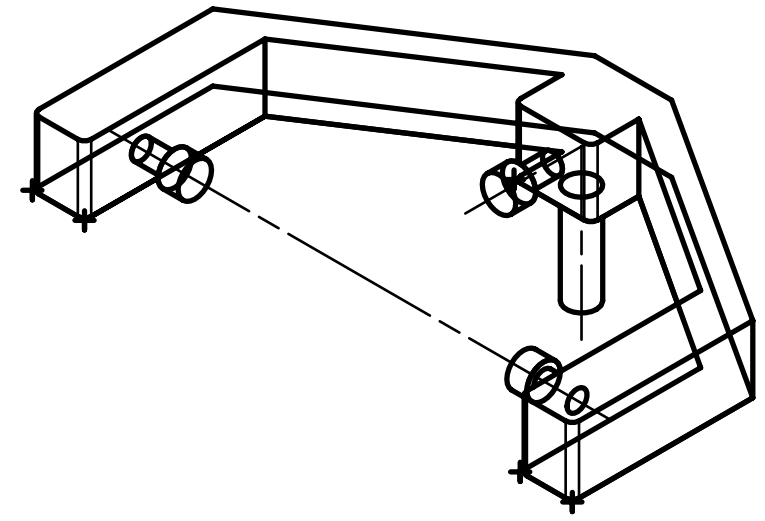
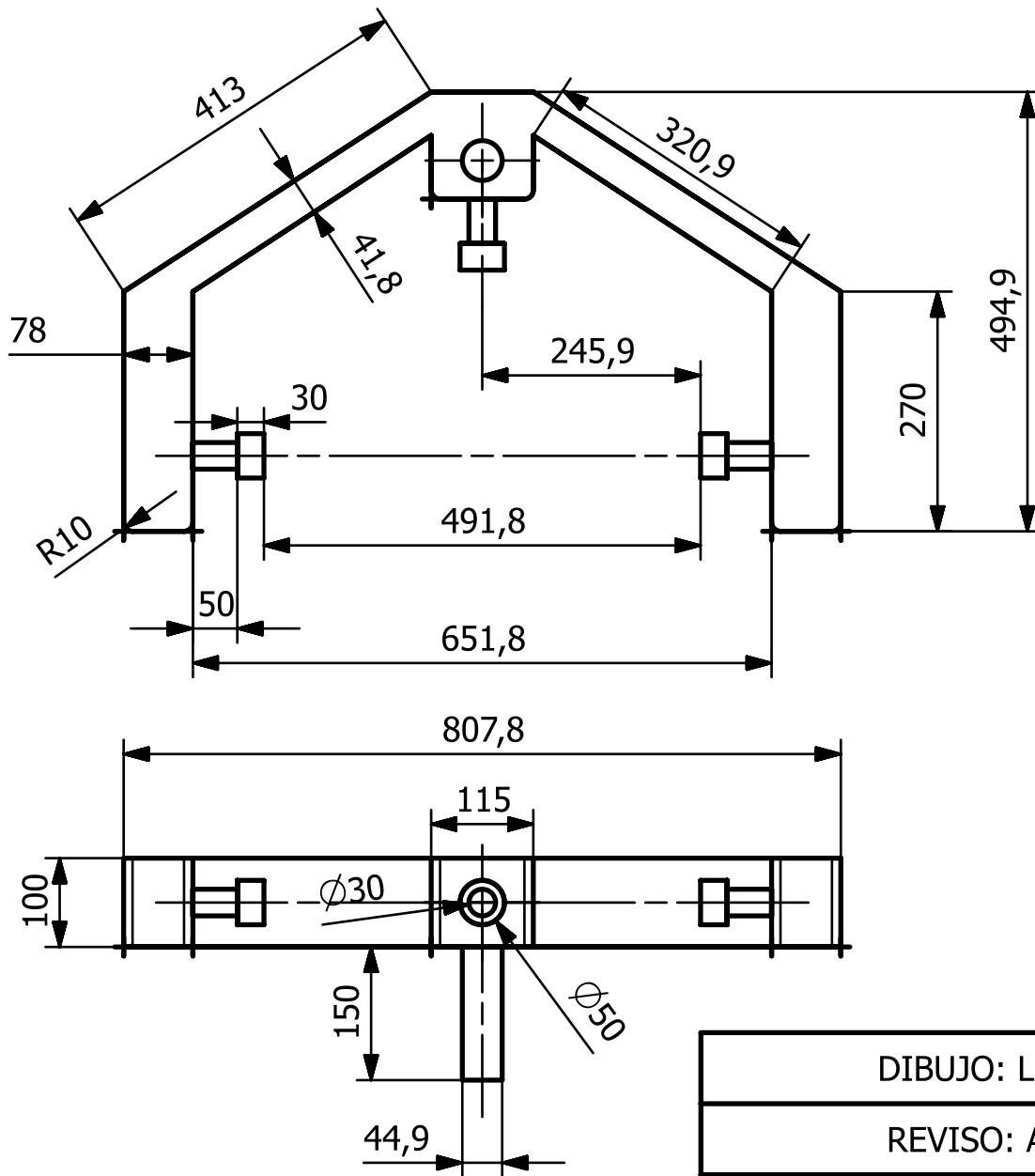
DIBUJO: LRVZ		PIEZA: BRAZO 2	
REVISO: AEB			
FECHA: 03/2021			
TOLERANCIA: +/- 5		UNAM	
ESCALA: 1:5	UNIDADES: mm	DESCRIPCION: BR1-001-21	4 DE 9



DIBUJO: LRVZ		PIEZA: TOCHO	
REVISO: AEB			
FECHA: 03/2021			
TOLERANCIA: +/- 5		UNAM	
ESCALA: 1:5	UNIDADES: mm	DESCRIPCION: TO-001-21	5 DE 9

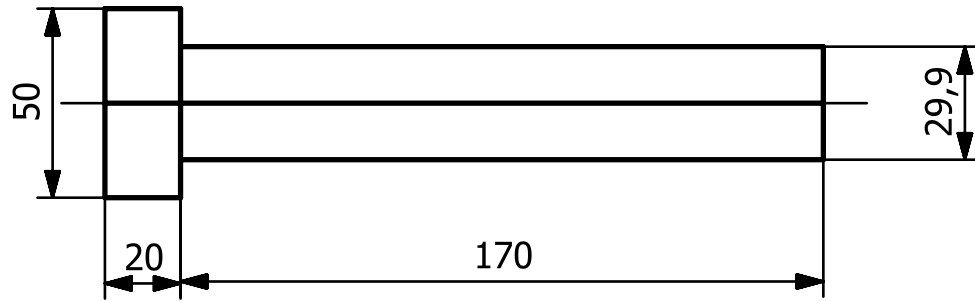


DIBUJO: LRVZ		PIEZA: EXTENSION	
REVISO: AEB			
FECHA: 03/2021			
TOLERANCIA: +/- 5		UNAM	
ESCALA: 1:5	UNIDADES: mm	DESCRIPCION_ EX-001-21	6 DE 9

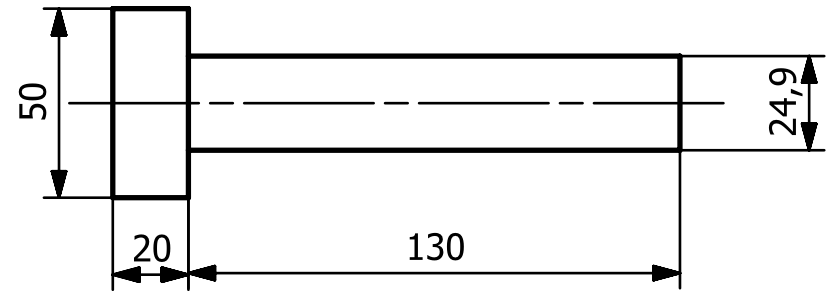


DIBUJO: LRVZ		PIEZA: HALO	
REVISO: AEB			
FECHA: 03/2021			
TOLERANCIA: +/- 5		UNAM	
ESCALA: 1:8	UNIDADES: mm		

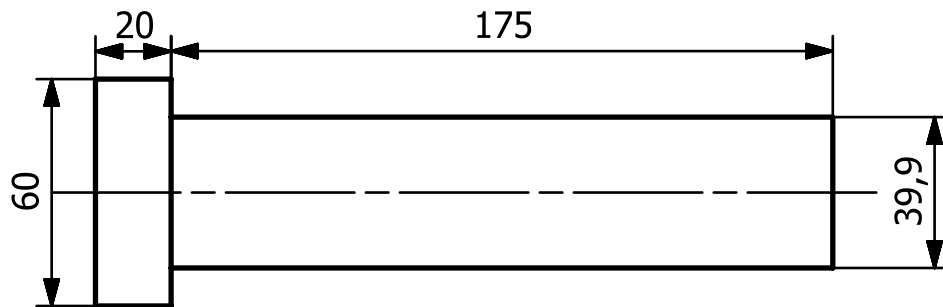
PERNO ACTUADOR



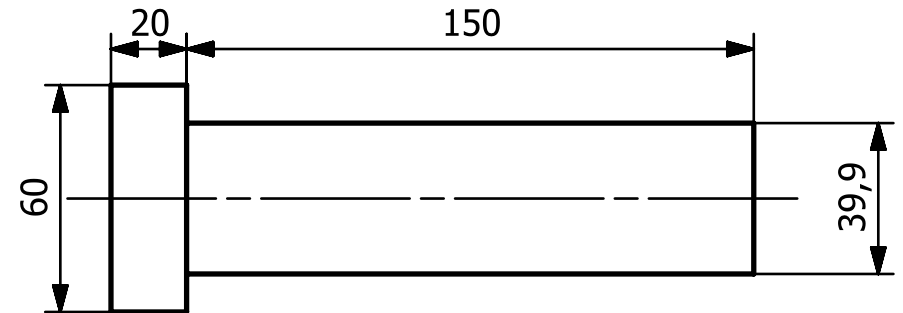
PERNO BRAZOS



PERNO CUERPO



PERNO TOCHO



DIBUJO: LRVZ		PIEZA: PERNOS	
REVISO: AEB			
FECHA: 03/2021			
TOLERANCIA: +/- 5		UNAM	
ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm	DESCRIPCION: PER-001-21	8 DE 9