

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en diseño industrial y de procesos

**Diseño en concepto de un dispositivo adaptable en ciertos vehículos a tracción tipo sedán
para cambio de marchas, enfocado a personas que tienen discapacidad del brazo y/o mano
derecha**

Francis Andrés Cárdenas Salazar

Nota del autor

Francis Andrés Cárdenas Salazar, Facultad de Ingeniería Arquitectura e Ingeniería,
Universidad Internacional SEK.

Directora Ing. Diana Belén Peralta Zurita, M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
facardenas.mdin@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Francis Andrés Cardenas Salazar, con cedula de identidad 172047046-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado de calificación profesional y que se ha consultado referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaratoria, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

FRANCIS ANDRÉS CARDENAS SALAZAR
C.I.: 172047046-5

Índice de Contenido

Declaración Juramentada	1
Resumen.....	11
Abstract	12
Introducción	13
Antecedentes	13
Planteamiento del problema.....	17
Justificación	18
Hipótesis	19
Estado del Arte.....	20
Método	47
Dimensionamiento de la palanca de cambios	52
Dimensionamiento del recorrido de la palanca selectora	54
Diseño CAD.....	55
Fabricación Prototipo (Mock-Up).....	57
Diseño del Mecanismo.....	58
Selección de materiales electromecánicos	59
Prueba de Torque	62
Programación en Arduino	64

Conexiones Físicas.....	65
Diseño Mando de Control.....	66
Pruebas.....	69
Rediseño.....	76
Análisis estadístico.....	77
Resultados.....	78
Posturas al conducir	78
Relación entre la postura para conducir y la posición de la mano en el volante.	79
Relación entre la postura, posición de agarre en el volante y el tipo de agarre que existe sobre el mando de control.....	81
Análisis Encuesta	83
Discusión de Resultados	99
Conclusiones	104
Recomendaciones	106
Bibliografía	108
Anexos	113

Índice de Figuras

Figura 1.- Vehículo adaptado para persona en silla de ruedas.....	26
Figura 2.- J4D Joystick for Driving.	27
Figura 3.- Tipos de posturas para conducir.....	30
Figura 4.- Ángulos del cuerpo durante la conducción	31
Figura 5.- Ángulos del cuerpo durante la conducción	32
Figura 6.- Posiciones comunes de las manos durante la conducción	34
Figura 7.- Posiciones de la mano en el volante en referencia a las manecillas del reloj	35
Figura 8.- Posiciones de agarre del volante	36
Figura 9.- Sistema de mapeo de presión en el volante.....	38
Figura 10.- Disposición de los interruptores, esquema del volante y los interruptores, y sus dimensiones aproximadas.	42
Figura 11.- Adaptaciones para el volante	43
Figura 12.- Cantidad de sensores	44
Figura 13.- Análisis de agarre en tiempo real	45
Figura 14.- Diagrama de procesos	47
Figura 15.- Proceso del Design Thinking	49
Figura 16.- Medidas Base Palanca de Cambios.....	52
Figura 17.- Medidas alto de la palanca y diámetro inferior pomo.....	52
Figura 18.- Medidas pomo límite superior	53
Figura 19.- Medidas y diámetro palanca selectora	53
Figura 20.- Posición de la palanca de cambios en el origen	54
Figura 21.- Palanca de cambios en el límite de su movimiento horizontal	54

Figura 22.- Palanca de cambios en el límite de su movimiento vertical.....	55
Figura 23.- Recorrido horizontal y vertical de la palanca selectora	55
Figura 24.- Pista de recorrido palanca selectora	56
Figura 25.- Simulación dinámica palanca selectora	56
Figura 26.- Prototipo pista de recorrido palanca selectora (Mock-Up)	57
Figura 27.- Prueba de prototipo de pista de recorrido en palanca de cambios	57
Figura 28.- Prototipo de la base en cartón (Mock-Up)	58
Figura 29.- Robot Cartesiano 3 ejes.....	59
Figura 30.- Motor paso a paso	60
Figura 31.- Arduino UNO.....	61
Figura 32.- Driver Tb6560.....	61
Figura 33.- Prueba de torque motor paso a paso Nema17	62
Figura 34.- Prueba de torque motor paso a paso Nema 23	63
Figura 35.- Programación en Arduino	64
Figura 36.- Simulación electrónica	64
Figura 37.- Conexión física de todos los elementos	65
Figura 38.- Disposición de botones en pomo.....	66
Figura 39.- Diseño CAD mando de control	66
Figura 40.- Tipo de Agarre Palmar Cilíndrica	67
Figura 41.- Prototipo Mando de Control para cambio de marchas.....	67
Figura 42.- Ensamblaje final.....	69
Figura 43.- Goniómetro	71
Figura 44.- Inmovilizador para brazo	72

Figura 45.- Prueba de manejo	72
Figura 46.- Formato encuesta	73
Figura 47.- Postura para la conducción.....	74
Figura 48.- Ubicación de la mano en el volante	74
Figura 49.- Medición ángulos del hombro y codo.....	75
Figura 50.- Sujetar mando de control	75
Figura 51.- Rediseño mando de control.....	76
Figura 52.- Grafica Resultado posturas	79
Figura 53.- Grafica Resultados Relación Postura-Posición de la mano en el volante.....	80
Figura 54.- Grafica Relación entre la postura, posición de agarre en el volante y el tipo de agarre	82
Figura 55.- Grafico complejidad de uso	83
Figura 56.- Escala de Adaptabilidad.....	84
Figura 57.- Escala de comodidad.....	85
Figura 58.- Escala de satisfacción.....	86
Figura 59.- Grafico ANOVA Tipo de Agarre.....	89
Figura 60.- Grafica de medias Tipo de Agarre	90
Figura 61.- Grafico ANOVA Angulo Hombro.....	93
Figura 62.- Grafico de medias Angulo Hombro	94
Figura 63.- Grafico ANOVA Angulo Codo	97
Figura 64.- Grafico de medias Angulo	98
Figura 65.- Ángulos codo y hombro durante la conducción.....	100

Índice de Tablas

Tabla 1. Adaptaciones en vehículos para personas con discapacidad	16
Tabla 2. Productos de apoyo para personas con discapacidad.....	20
Tabla 3. Adaptaciones en vehículos para personas con discapacidad	22
Tabla 4.- Valor promedio ángulos corporales durante la conducción	32
Tabla 5.- Comparación ángulos corporales según varios autores.....	33
Tabla 6.- Fuerza máxima recomendada para movimientos de brazo en posición sentado	39
Tabla 7.- Grados de movilidad articular en miembros superiores	40
Tabla 8.- Torque aplicado por miembros superiores durante la conducción.....	41
Tabla 9.- Comparación diferentes tipos de agarre para áreas de contacto y distribución de cargas	46
Tabla 10.- Lista elementos electromecánicos	65
Tabla 11.- Prototipo de la base y pistas de motor en acero.....	68
Tabla 12.- Datos de los participantes masculinos.....	69
Tabla 13.- Datos de las participantes femeninas.....	70
Tabla 14.- Media y Desviación estándar.....	71
Tabla 15.- Posturas al conducir.....	78
Tabla 16.- Resultados encuesta posturas	78
Tabla 17.- Posición de la mano en el volante	79
Tabla 18.- Relación Postura-Posición de la mano en el volante.....	80
Tabla 19.- Tipos de Agarre	81
Tabla 20.- Relación entre la postura, posición de agarre en el volante y el tipo de agarre.....	81
Tabla 21.- Escala de complejidad de uso.....	83

Tabla 22.-Escala de Adaptabilidad	84
Tabla 23.- Escala de comodidad	85
Tabla 24.- Escala de satisfacción	86
Tabla 25.- ANOVA Multifactorial Tipo de Agarre	87
Tabla 26.- Tabla ANOVA Tipo de Agarre	87
Tabla 27.- Tabla de Medias Tipo de Agarre	88
Tabla 28.- Pruebas de rangos múltiples Tipo de Agarre.....	88
Tabla 29.- Diferencia de medias Tipo de Agarre.....	89
Tabla 30.- ANOVA Multifactorial Angulo Hombro	91
Tabla 31.- Tabla ANOVA Angulo Hombro	91
Tabla 32.- Tabla de Medias Angulo Hombro	92
Tabla 33.- Prueba de rangos múltiples Angulo Hombro	92
Tabla 34.- Diferencia de medias Angulo Hombro.....	93
Tabla 35.- ANOVA Multifactorial Angulo Codo.....	95
Tabla 36.- Tabla ANOVA Angulo Codo.....	95
Tabla 37.- Tabla de Medias Angulo Codo.....	96
Tabla 38.- Prueba de rangos múltiples Angulo Codo	96
Tabla 39.- Diferencia de medias Angulo Codo	97

Índice de Anexos

Anexo 1.- StatGraphics CENTURION	113
Anexo 2.- Código Arduino	113
Anexo 3.- Participante masculino realizando la prueba de manejo	114
Anexo 4.- Participante femenina realizando la prueba de manejo.....	114
Anexo 5.- Resultados encuesta participante 1	115
Anexo 6.- Resultados encuesta participante 2	116
Anexo 7.- Resultados encuesta participante 3	117
Anexo 8.- Resultados encuesta participante 4	118
Anexo 9.- Resultados encuesta participante 5	119
Anexo 10.- Resultados encuesta participante 6	120
Anexo 11.- Resultados encuesta participante 7	121
Anexo 12 Resultados encuesta participante 8.....	122
Anexo 13.- Resultados encuesta participante 9	123
Anexo 14.- Resultados encuesta participante 10	124
Anexo 15.- Resultados encuesta participante 11	125
Anexo 16.- Resultados encuesta participante 12	126
Anexo 17 Resultados encuesta participante 13.....	127
Anexo 18.- Resultados encuesta participante 14	128
Anexo 19.- Resultados encuesta participante 15	129
Anexo 20.- Resultados encuesta participante 16	130
Anexo 21.- Resultados encuesta participante 17	131
Anexo 22.- Resultados encuesta participante 18	132

Anexo 23.- Resultados encuesta participante 19	133
Anexo 24.- Resultados encuesta participante 20	134
Anexo 25.- Resultados encuesta participante 21	135
Anexo 26.- Resultados encuesta participante 22	136
Anexo 27.- Resultados encuesta participante 23	137
Anexo 28.- Resultados encuesta participante 24	138
Anexo 29.- Resultados encuesta participante 25	139
Anexo 30.- Resultados encuesta participante 26	140
Anexo 31.- Resultados encuesta participante 27	141
Anexo 32.- Resultados encuesta participante 28	142
Anexo 33.- Resultados encuesta participante 29	143
Anexo 34.- Resultados encuesta participante 30	144
Anexo 35.- Resultados encuesta participante 31	145
Anexo 36.- Resultados encuesta participante 32	146
Anexo 37.- Resultados encuesta participante 33	147
Anexo 38.- Resultados encuesta participante 34	148
Anexo 39.- Resultados encuesta participante 35	149

Resumen

En el presente trabajo se describe el diseño y fabricación de un dispositivo adaptable en vehículos a tracción tipo sedán para el cambio de marchas, es enfocado a personas que tienen discapacidad del brazo y/o mano derecha; el prototipo permite realizar el cambio de marchas de una manera automatizada. Para el desarrollo del diseño propuesto, se consideró datos ergonómicos presentes en la conducción como la postura adoptada al conducir, la posición de la mano y el tipo de agarre en el volante; una vez establecidos estos parámetros se determinó los ángulos formados tanto en el hombro y en el codo, siendo estos de gran importancia por su influencia en la fatiga del miembro superior durante la conducción.

El estudio muestra que un gran porcentaje de conductores adoptan una postura erguida al momento de manejar el vehículo, de igual manera al conducir el vehículo con una sola mano, se sujeta el volante en una posición media debido a que dicha posición permite girar el volante con libertad y seguridad. La sujeción del volante se realizó mediante el tipo de agarre palmar cilíndrica, que consiste en sujetar el volante con los cuatro dedos y la palma de la mano, dejando libre al dedo pulgar para operar los mandos de control. Por otra parte, se determinó que la postura adoptada al momento de conducir puede depender de varios factores tales como sexo, edad, estatura, tipo de vehículo y tiempo de conducción. Estos influyen de manera directa sobre los ángulos corporales determinando así una postura cómoda o no para conducir. La creación del dispositivo permite que las personas con discapacidad puedan insertarse en la sociedad de la conducción, volviendo así más fácil su forma de traslado y movilidad.

Palabras claves: Discapacidad, conducción, extremidad superior, postura, agarre, ergonomía, ángulo.

Abstract

The present work describes the design and manufacture of an adaptable device in sedan-type traction vehicles for changing gears, it is focused on people who have disabilities of the right arm and / or hand; the prototype allows to carry out the gear change in an automated way.

For the development of the proposed design, ergonomic data present in driving were considered, such as the posture adopted while driving, the position of the hand and the type of grip on the steering wheel; Once these parameters were established, the angles formed in both the shoulder and the elbow were determined, these being of great importance due to their influence on fatigue of the upper limb during driving.

The study shows that a large percentage of drivers adopt an upright posture when driving the vehicle, in the same way when driving the vehicle with one hand, the steering wheel is held in a medium position because this position allows turning the steering wheel with freedom and security. The steering wheel was held using the cylindrical palmar grip type, which consists of holding the steering wheel with the four fingers and the palm of the hand, leaving the thumb free to operate the control knobs.

On the other hand, it was determined that the position adopted when driving can depend on several factors such as sex, age, height, type of vehicle and driving time. These have a direct influence on the body angles, thus determining a comfortable position or not for driving. The creation of the device allows people with disabilities to be inserted into the driving society, thus making their way of transportation and mobility easier.

Keywords: Disability, driving, upper limb, posture, grip, ergonomics, angle.

Introducción

Antecedentes

En la actualidad, las personas con discapacidad de miembros superiores se han encontrado con un sin número de limitaciones para tener acceso a la conducción de su vehículo, esto es debido a que en el Ecuador no existe mayor variedad en la oferta de vehículos, se disponen únicamente de automóviles en versión manual o automática; creando así una discriminación hacia las personas con algún grado o tipo de discapacidad.

Para entender de mejor manera el problema, se debe conocer que existen dos tipos de cajas de cambio, la primera caja mecánica mediante la cual el conductor selecciona manualmente la marcha requerida y las segundas son las cajas automáticas, a través de las cuales las marchas se seleccionan automáticamente a través de diferentes mecanismos para que el vehículo mantenga su ritmo. En el Ecuador, el parque automotriz se ve segmentado de dos formas, las personas que prefieren los autos de tracción manual, argumentando que con esto se aprovecha el motor y la potencia del carro y las personas que tienen mayor atracción por los vehículos automáticos, los cuales necesitan menor concentración o coordinación en cuanto al uso y aplicación de cambios (El Universo, 2018). Desde esta perspectiva nace el cuestionamiento, de porque se deja de lado a las personas que tienen algún tipo de discapacidad en los miembros superiores, si ellos no van a poder utilizar los cambios para aprovechar toda la potencia del vehículo o no van a poder acceder a un vehículo automático, ya que son catalogados como de mayor clase y por ende su valor es superior en el mercado (El Universo, 2018).

Si bien es cierto, la versión automática es la más fácil y adaptable en cuanto se refiere a la conducción de una persona con discapacidad, esta se encuentra disponible en vehículos de gama media-alta, lo que representa una mayor inversión. El valor de un vehículo con estas

características, oscila entre 17 y 29 mil dólares, los más comercializados en el mercado ecuatoriano; por otra parte, es correcto mencionar que en la actualidad existe una tabla relacionada al porcentaje de discapacidad y beneficio o descuento otorgado por presentar el carnet de CONADIS. A simple vista esto parece ser una gran oportunidad, sin embargo, en el *Manual para la calificación de las discapacidades publicada por el Ministerio de Salud Pública (MSP)* en el año 2018, determina que una deficiencia del 100% en su extremidad superior representa tan solo el 25% de discapacidad, excluyéndolo de este beneficio, debido a que para acceder a un descuento el porcentaje mínimo por discapacidad debe ser del 30% (MSP, 2018).

Dentro de la evolución histórica referente a las adaptaciones para automóviles, data desde la primera guerra mundial en Estados Unidos, en las cuales se instaló mandos accionados con la mano para actuar sobre el cambio de marcha y pasar de una velocidad a otra, por ejemplo, el Ford modelo T; este tipo de modificaciones fueron realizadas de forma artesanal y no controlada. Por otra parte, después de la segunda guerra mundial, se dotó a los soldados que regresaron con un vehículo equipo con controles accionados con las manos tanto el acelerador como freno, este modelo fue diseñado por General Motors (Dols, 2015, p.5).

A principios de la década de los 50, la poliomielitis, fue una enfermedad que dejó muchas secuelas en la sociedad, entre ellas se podía notar claramente la paraplejia y amputaciones, para esto se incorporó a los vehículos adaptaciones de control manual como, por ejemplo, el pomo en el volante. Para la década de los 90, la electrónica se incorporó en la vida de los conductores con limitaciones físicas, así como también para toda la sociedad, permitiendo desarrollar *joysticks*, los cuales permiten controlar la dirección, freno y acelerador con una sola palanca (Dols, 2015, p.6).

El tiempo sigue transcurriendo, y los avances tecnológicos se han visto enfocados en satisfacer las necesidades de las personas con limitaciones físicas, sin embargo, a nivel mundial la escases de un dispositivo o forma de adaptar un vehículo para que una persona con discapacidad de los miembros superiores se movilice, ha resultado un gran inconveniente para este segmento de personas, debido a que se ven obligadas a depender de un tercero para poder movilizarse, generando así malestar y exclusión (Inpenor, 2014).

Dentro del contexto ecuatoriano, se puede evidenciar que no existe ningún dispositivo específico que reemplace o permita el manejo de un vehículo de transmisión manual por una persona con limitación en el miembro superior, en la investigación realizada por el CONADIS en el año 2019, se puede comprobar que existen 1.887 personas que acceden al identificador vehicular por discapacidad, esto quiere decir que de la totalidad de personas con discapacidad física 226.347, está por debajo del 1% que acceden al beneficio; por otra parte, en el Ecuador no existen opciones que permiten a las personas con movilidad reducida ganar autonomía y accesibilidad durante la conducción de un vehículo (CONADIS, 2019).

Por ejemplo, Toyota, desde el año 2008, comercializa vehículos para personas con discapacidad, siendo los modelos preferidos FJ Cruiser, Corolla, Rav4; el problema radica en que no todos los usuarios con movilidad reducida se encuentran en la posibilidad para importar vehículos de esta índole (Toyocota, 2017).

Sin embargo, existen personas con un cierto tipo de discapacidad específica las cuales requieren adaptaciones especiales en los vehículos como mandos manuales, rampas para el acceso, seguro para silla de ruedas, asientos de transferencia, etc.

Dentro de las investigaciones realizadas por Apamex, en Latinoamérica, se puede decir que existen diferentes formas de adaptar un vehículo a las necesidades de las personas con discapacidad, estas modificaciones dependerán del tipo de vehículo y de la discapacidad que presenta la persona. En la tabla 1 se muestran las adaptaciones más comunes.

Tabla 1. Adaptaciones en vehículos para personas con discapacidad

Adaptación	Nombre	Descripción
	Mandos en el volante	La adaptación más habitual es colocar estos mandos mediante palancas delante o detrás del volante, para que puedan ser accionados de forma manual.
	Entrar y salir del coche	Asientos que giran en un ángulo de 90°, para cualquiera de las plazas delanteras, puertas corredizas, asientos que salen directamente del automóvil, rampas para sillas de ruedas por parte trasera del vehículo, entre otras.

Fuente: APAMEX. (2016). *Catálogo de productos para la adaptación de puestos de trabajo de personas con discapacidad.*

En el Ecuador se ha desarrollado la ley orgánica de discapacidades en el año 2012, dentro de la cual se contempla las normas de convivencia que deben existir en la sociedad para incluir en el entorno social a una persona con limitaciones en sus capacidades; esta ley fue desarrollada en base a la norma ISO9999:2007 la cual determina productos de apoyo para personas con discapacidad (AENOR, 2007, p.1).

Por otra parte, para terminar de entender el funcionamiento y la acogida del prototipo, se debe conocer qué dentro del parque automotor nacional, existen 2'592.432 vehículos, de los cuales el 80% supera los 5 años de antigüedad (AEADE, 2020), y el prototipo está diseñado para adaptarse en vehículos seminuevos, antiguos y nuevos, permitiendo así, estar al alcance de cualquier persona con discapacidad.

Planteamiento del problema

La capacidad de movilización es fundamental y primordial para este colectivo social, puesto que permite alcanzar la independencia, mejora su calidad de vida y fortalece su autoestima; pese a los avances tecnológicos a nivel mundial, las restricciones en cuanto al acceso al transporte y movilización se ve sumamente afectada. La persona con discapacidad física que desea conducir un vehículo, deberá afrontar un sin número de tareas elementales para la conducción, estas pueden ser de un bajo nivel de complejidad para las personas que no poseen ningún tipo de limitación, sin embargo, para este grupo vulnerable resultan ser tareas de mayor dificultad. (Dols, 2015, p.4).

Por otra parte, existen complicaciones al momento de comprar un vehículo, comenzando porque el acceso a un permiso de conducir o licencia, se ve limitado al porcentaje y tipo de discapacidad, así también, la adquisición de un vehículo representa un gasto considerable, a esto se suma la adaptación de componentes que permitan una correcta conducción, causando que los precios se incrementen de forma considerable (Inpenor, 2014).

El desarrollo de un dispositivo adaptable a vehículos nuevos y usados, permitirá que las personas con discapacidad puedan sentirse incluidas en la sociedad, de tal manera que esto generará un valor agregado a las distintas áreas de un problema (físico y social). Es correcto mencionar que, para obtener estos beneficios, se deben considerar nuevos valores de inversión, lo que tendrá que sumarse e incluirse en valor final del producto.

En este estudio se tomará en consideración el tipo de cambio de marcha manual, puesto que para el correcto funcionamiento del mismo involucra la manipulación por parte del usuario mediante su extremidad superior derecha, parte corporal que posee deficiencia física para su movilidad.

El desarrollo e implementación del prototipo, será un gran avance en el parque automotriz ecuatoriano destinado a las personas con discapacidad, será una herramienta que fomentará la conducción adecuada y la inclusión al medio social.

Las adaptaciones que tengan como finalidad brindar garantía de seguridad y confort a las personas discapacitadas, serán las más aceptadas en el mercado, ya que representan un avance de igualdad en la sociedad.

Justificación

Los avances científicos en el desarrollo de nueva tecnología han permitido que las personas con discapacidad tengan mayor acceso a los beneficios y/o comodidades de una “persona normal”, sin embargo, a nivel mundial la escases de un dispositivo o forma de adaptar un vehículo para que una persona con discapacidad de los miembros superiores se movilice, ha resultado un proceso un tanto incómodo, ya que al no contar con los elementos o aparatos necesarios, las personas con discapacidad se ven imposibilitadas para manejar un vehículo (Inpenor, 2014). En el mercado ecuatoriano se puede evidenciar que las personas con discapacidad tienen acceso únicamente a dos tipos de vehículos, manuales o automáticos, siendo esto una traba al momento de conducir para una persona con limitaciones en sus extremidades superiores.

Según el Universo, se puede diferenciar que en el Ecuador en su mayoría las personas con discapacidad no tienen acceso a la compra de un vehículo automático, porque esto representa un valor significativo como inversión, lo cual prefieren invertirlo en medicamentos o tratamientos a seguir (2018).

Una forma palpable de ver la situación ecuatoriana, y mundial es que las adaptaciones se han visto enfocadas únicamente al control del freno, acelerador y volante del vehículo. Un caso real

sería el bajo número de personas que cuentan con el identificativo vehicular para personas con discapacidad, debido a todos los problemas que se le presentan al momento de adquirir un vehículo. Por este motivo el objetivo principal de este estudio, es proponer un diseño en concepto de un dispositivo adaptable en ciertos vehículos a tracción tipo sedán, mediante la evaluación de un prototipo funcional para cambio de marchas, enfocado a personas que poseen discapacidad del brazo y/o mano derecha.

Con la finalidad de alcanzar el objetivo principal del estudio, los objetivos específicos son:

1. Determinar el segmento de vehículos con mayor acogida por parte de los usuarios con discapacidad física en los miembros superiores, mediante la aplicación de encuestas a posibles usuarios.
2. Tomar medidas de referencia con el fin de establecer las dimensiones idóneas para que el dispositivo se adapte de forma correcta y realice un adecuado cambio de marchas.
3. Validar el prototipo mediante pruebas de funcionalidad, simulando la discapacidad para una correcta interacción usuario-prototipo.
4. Analizar los datos mediante categorías y análisis estadístico para conocer que modificaciones se debería realizar al prototipo.
5. Rediseñar el prototipo a través de un diseño CAD para mejorar el nivel de confort y facilidad de uso.

Hipótesis

Después de identificar los inconvenientes y limitaciones que posee una persona con discapacidad del brazo y/o mano derecha, se podrá realizar el diseño, dimensionamiento, construcción y validación del prototipo funcional que permita la selección y cambio de marchas de una manera fácil y adecuada en vehículos a tracción tipo sedán seminuevos y/o nuevos.

Estado del Arte

Situación actual en el desarrollo de dispositivos adaptables para la conducción de un vehículo por personas con discapacidades físicas.

La Norma UNE-EN-ISO 9999 elaborada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), esta norma establece una clasificación para productos de apoyo disponibles en el mercado para personas con movilidad reducida.

La norma ISO, determina las adaptaciones que debe tener un vehículo para ser utilizado por una persona con discapacidad, estas modificaciones se pueden ver reflejadas en la tabla 2.

Tabla 2. Productos de apoyo para personas con discapacidad

ISO 999:2007	Nombre de la Ayuda Técnica
12 10	Coches
12 10 03	Coches con arrodillamiento (chasis de altura ajustable) Coches que permitan a las personas entrar y salir bajando al suelo
12 10 06	Coches de baja velocidad
12 10 09	Coches con techo elevado
12 12	Adaptaciones para coches
12 12 04	Adaptaciones para coches para accionar el motor • Adaptaciones para conducir y maniobrar coches • Adaptaciones para el acelerador, freno, embrague y marchas incluidas
12 12 05	Adaptaciones para coches para accionar el freno de mano • Adaptaciones para conducir y maniobrar coches
12 12 07	Adaptaciones para coches para accionar el sistema de dirección

	• Adaptaciones para conducir y maniobrar coches • Pomos para el volante, servo-sistemas de dirección, extensiones de la comuna de dirección incluidos
12 12 08	Adaptaciones para coches para accionar funciones secundarias • Adaptaciones para conducir y maniobrar coches • Espejos ajustables, cierres centralizados, limpiaparabrisas, indicadores y luces incluidos
12 12 09	Cinturones de seguridad y arneses para coche • Cinturones o sistemas de cinchas que sujetan a una persona, proporcionándole seguridad durante el viaje • Cinturones de seguridad de asiento de tres o cuatro puntos y chalecos incluidos
12 12 12	Asientos y cojines para coche, especialmente diseñados • Asientos y cojines diseñados para ayudar a una persona a entrar y salir del coche, o para proporcionar apoyo a una persona durante el viaje • Asientos de seguridad para niños y asientos deslizantes incluidos
12 12 15	Grúas de personas para coche (excluyendo sillas de ruedas) • Dispositivos fijados al coche para elevar a una persona al interior y/o exterior del coche
12 12 18	Grúas para subir al coche a una persona sentada en una silla de ruedas • Dispositivos para ayudar a una persona en silla de ruedas a entrar y salir del coche • Coches con arrodillamiento (chasis de altura ajustable)

12 12 21	Productos de apoyo para colocar la silla de ruedas sobre o dentro de un coche • Dispositivos para subir y colocar una silla de ruedas desocupada sobre o dentro de un coche
12 12 24	Equipo para sujetar una silla de ruedas • Dispositivos para asegurar una silla de ruedas en un vehículo
12 12 27	Adaptaciones de la carrocería del coche • Modificaciones de la estructura del coche para mejorar la accesibilidad y/o la comodidad

Fuente: Norma ISO 9999:2007

Gracias al constante y rápido avance de la industria, actualmente existen una gran cantidad de adaptaciones o modificaciones que se realizan en los vehículos de manera experimental con la finalidad de que personas con discapacidad física puedan acceder a una conducción fiable, esto se lleva a cabo a través de una adecuada elección de adaptaciones en función a la limitación física presente por el conductor (Ferrandis, 2000).

A continuación, la tabla 3 se presenta las adaptaciones más comunes y homologadas para la conducción de un vehículo por parte de una persona con discapacidad.

Tabla 3. Adaptaciones en vehículos para personas con discapacidad

Adaptaciones para el acelerador		Acelerador de Aro Electrónico: Para acelerar se presiona el aro. Removible, puede ser accionado con las dos manos.
		Acelerador de aro mecánico: Accionamiento mecánico, adaptable al volante, aceleración gradual

		Acelerador Ghost: Dispositivo electrónico rotatorio, la aceleración se obtiene mediante un movimiento giratorio con los dedos.
		Guante acelerador: Mediante un mando colocado en la mano se ejerce presión del pulgar sobre una palanca lo que permite la aceleración.
		Acelerador pulgar: Permite acelerar mediante presión con el pulgar.
		Acelerador con maneta: Mediante la presión sobre una palanca detrás del volante permite la aceleración.
Adaptaciones para el freno		Palanca de freno: Permite frenar el vehículo presionando una palanca colocada detrás del volante.
		Palanca de freno fijada al suelo: Palanca de frenado fija al suelo del vehículo.
		Automatización del freno de mano: Mecanismo eléctrico que acciona de forma a través de un botón el freno de mano.
Adaptaciones en los pedales		Inversión de pedales: Permite intercambiar el pedal de aceleración con el de freno.
		Prolongadores de pedales: Permite una longitud variable de los pedales.

Fuente: Garabal, J. (2019). *Conducir desde la Diversidad Potenciando la autonomía en la comunidad.*

Las adaptaciones antes descritas, son de tipo mecánico y requieren accionamientos manuales, lo que significa para el usuario con discapacidad un esfuerzo físico adicional. Hoy en día gracias al desarrollo de la ingeniería se han diseñado y fabricado adaptaciones para vehículos que permiten una conducción con cualidades optimas de accionamiento teniendo en cuenta los aspectos mecánico resistentes.

Un ejemplo de ello fue presentado en el año 2020 por Gulati Ujjway y Dass Rajeshwar en la India, quienes fabricaron un vehículo inteligente controlado por voz a través del Asistente de Google que cuenta con una muy avanzada capacidad para la detección de obstáculos, este vehículo fue diseñado específicamente para que personas con discapacidad tengan la oportunidad de conducir un vehículo sin limitaciones.

El conductor comunica su requerimiento al Asistente de Google, pronunciar una frase “ir hacia adelante”, este requerimiento pasa a través de un sistema denominado IFTTT “If this, then that” el cual consiste en que si ocurre una determinada acción automáticamente se realizan las otras tareas asignadas, una vez identificada esta acción pasa a través de un webhooks, el cual es un evento que desencadena varias acciones siendo una de ellas la conexión con el servidor en la nube para que los datos puedan ser receptados, aquí en la nube estos datos son comparados con la lógica de programación previamente establecida, una vez comprobados estos datos se envía la solicitud para realizar la acción requerida, de esta manera los actuadores se programan y en consecuencia moverán el automóvil hacia adelante. Para la detección de obstáculos se utilizó un sensor de vigilancia ultrasónico de distancia, mediante el cual se obtiene una recreación visual de la carretera, este dispositivo permite un ángulo de visión de 180 grados con la ayuda de un servo motor, lo que le permite al conductor estar atento al movimiento del vehículo y del entorno en el que se está movilizándolo (Ujjway, 2020).

Otra investigación desarrollada en el año 2009 en Francia evidencia la situación actual de los conductores con discapacidad y cuáles serán algunos futuros desarrollos tecnológicos para ayudar a esta comunidad y pueden desplazarse por medios propios.

Su autor E. Monacelli señala que gran parte de personas con limitaciones físicas desean poder conducir su propio vehículo, este deseo se ve afectado por la falta de apoyo financiero por parte del gobierno, la falta de empleo para personas con estas características y la insuficiente disponibilidad de modelos de vehículos correctamente equipados para su manejo.

Las principales modificaciones en vehículos para conductores con limitaciones físicas, se refieren al acceso al automóvil, principales funciones de control como la dirección, frenado y aceleración, funciones auxiliares como control de luces, direccionales y limpiaparabrisas. La mayoría de las soluciones empleadas son controles adaptables mecánicos o hidráulicos, los cuales disminuyen los esfuerzos generados por el conductor facilitando así su manipulación.

Uno de los problemas con mayor presencia es el acceso al interior del vehículo para personas en silla de ruedas, donde se tienen asientos giratorios, sistemas de elevación y rampas de entrada automáticas como las soluciones más comúnmente utilizadas, también es posible que el conductor ingrese al vehículo directamente en la silla de ruedas y pueda conducir desde ahí, siendo esta la adaptación con mayor demanda en el país. Para ello se basan en la Norma ISO 10542 que estipula que deben existir cuatro puntos de anclaje para asegurar la silla de ruedas y el conductor debe llevar puesto el cinturón de seguridad de tres puntos.

Como se muestra en la figura 1, para la manipulación de los controles se realizaron modificaciones que permiten el uso de las principales operaciones del vehículo fácilmente, como el arranque, dirección, conducción, frenado y aceleración. El volante puede ser reemplazado por

un sistema de joystick, que utiliza dos ejes, donde uno controla la dirección y otro el frenado y aceleración. (Monacelli, 2009).



Figura 1.- Vehículo adaptado para persona en silla de ruedas

Fuente: Monacelli, E. (2009). *A review of the current situation and some future developments to aid disabled and senior drivers in France*. [Figura]. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.irbm.2009.09.004>

Dentro del estudio desarrollado en Suiza durante el año 2000 por Peters Bjorn, donde se investigó la influencia de un Sistema de Control de Velocidad Crucero Adaptable con dos controles manuales diferentes para el acelerador y freno sobre el confort, carga de trabajo y comportamiento del conductor con discapacidad, el análisis experimental se llevó a cabo mediante una simulación en la cual participaron 20 personas con discapacidad en su miembro inferior.

La metodología aplicada para realizar estas simulaciones fue parte de un estudio experimental, donde el sistema de Control Crucero Adaptable permitía mantener una velocidad constante, la cual era seleccionada y seteada por el conductor. Para la prueba se realizaron dos recorridos cada uno de 100km con y sin el sistema de CCA, como resultado se obtuvo que el sistema CCA disminuyó sustancialmente la carga de trabajo, mejoró el confort, no influyó negativamente en la seguridad, la variación de velocidad fue de forma progresiva y gradual obteniendo un mejor rendimiento con

lo cual el sistema obtuvo una gran acogida generando confianza a la hora de conducir (Peters, 2001).

El autor Juan F. Dols para el año 2016 publico su investigación acerca de Automóviles Controlados por Joystick para conductores con movilidad reducida, este proyecto fue denominado J4D Joystick for Driving, desarrollado con la colaboración de la Universidad Politécnica de Valencia, este proyecto fue desarrollado para la evaluación de conductores con discapacidades graves que les impide conducir un vehículo. Esta evaluación se basó en dos fases, la primera requiere el uso de una herramienta experimental, la cual consiste en un simulador que permite la medición de todos los parámetros necesarios para determinar las capacidades residuales (fuerzas, torque, desplazamiento, tiempo de reacción) para conducir en un automóvil adaptado con un Joystick, el resultado de esta primera fase determinará el tipo de dispositivo más apropiado en función de las necesidades del conductor y la mejor ubicación que este debería tener. La segunda fase incluye una serie de pruebas de manejo dentro de un circuito cerrado. El resultado de esta evaluación asegura que el conductor cumpla con los requisitos mínimos necesarios para obtener la licencia de conducir en el país (Dols, 2016). La figura 2 muestra el prototipo utilizado para realizar las pruebas de conducción realizadas a conductores con discapacidad.



Figura 2.- J4D Joystick for Driving.

Fuente: Dols, J. F. (2016). *Joystick controlled cars for drivers with reduced mobility*.

Como se puede evidenciar la mayor cantidad de proyectos enfocados al diseño de dispositivos adaptables como herramienta hacia la conducción para personas con movilidad reducida, utilizaron herramientas experimentales con lo que permite determinar la idoneidad de las capacidades del conductor para accionar los mandos con total seguridad y funcionalidad (Dols, 2018).

El protocolo a implementar con la aplicación de herramientas experimentales consta de 4 etapas:

1. Evaluación inicial, anamnesis médica
2. Evaluación de la capacidad de sujeción de los mandos adaptados
3. Evaluación de la capacidad de accionamiento de los mandos adaptables
4. Evaluación de la capacidad de conducción dinámica con los mandos adaptables (Dols, 2018)

La experimentación se basa en el análisis de la causalidad, e implica el manejo de situaciones a las que se enfrentan los sujetos (Maya, 2015). Un experimento radica en un conjunto de actividades ejecutadas bajo un determinado plan de actuación con el fin de obtener y analizar datos (Keppel, 1991).

La experimentación como proceso comienza con el planteamiento de la hipótesis de investigación, el siguiente paso consiste implementar la hipótesis en un conjunto de variables y la selección del diseño experimental adecuado. A continuación, se realiza el experimento y se recolectan los datos, una vez finalizado este se analizan los datos obtenidos y se obtienen las conclusiones del estudio (Maya, 2015).

Actualmente en el Ecuador existe una gran dificultad a la hora de establecer bajo criterios objetivos la idoneidad o no de una adaptación, esto se debe a que se realizan modificaciones o

alteraciones en un vehículo de forma artesanal y no controlada, con el propósito de adaptarlo para que se ajuste a las limitaciones presentes de un conductor con restricción en su movilidad.

Se debe tener en cuenta que una adaptación está diseñada específicamente para conseguir que la persona con discapacidad física pueda realizar la función de conducción que su limitación le impide, por lo que el diseño de un dispositivo adaptable debe contemplar en qué condiciones va a ser accionando, proporcionando cualidades óptimas de accionamiento, estas cualidades deben permitir al conductor realizar las siguientes funciones básicas para una correcta y segura conducción:

1. Alcanzar todos los mandos necesarios para conducir el vehículo
2. Durante una situación de emergencia disponer de suficiente fuerza para actuar sobre los mandos.
3. Capacidad de reacción instantánea frente a cualquier imprevisto.
4. Capacidad de aplicar y mantener la fuerza necesaria para actuar sobre los mandos.
5. Coordinación de todas las operaciones involucradas en la conducción (Ruiz, 2000).

Con el objetivo de diseñar un dispositivo adaptable para el cambio de marchas que permita su fácil y adecuado uso, es necesario un diseño ergonómico el cual permite desarrollar una interfaz óptima para el conductor, tomando en consideración aspectos ergonómicos y biomecánicos durante la conducción.

La comodidad en la postura del conductor es un aspecto importante a tener en cuenta durante el diseño de adaptaciones dentro del automóvil, debido a que está relacionada al correcto desempeño y comportamiento del usuario, a través de un estudio realizado en Malasia durante el año 2015, donde se evaluó la posición de conducir para 100 participantes, la figura 3 muestra las

4 principales posturas. La postura B es la más adoptada por parte de los conductores (59%), seguida de la Tipo C (23%), Tipo D (15%) y como la menos frecuente la Tipo A (3%) (Deros, 2015).

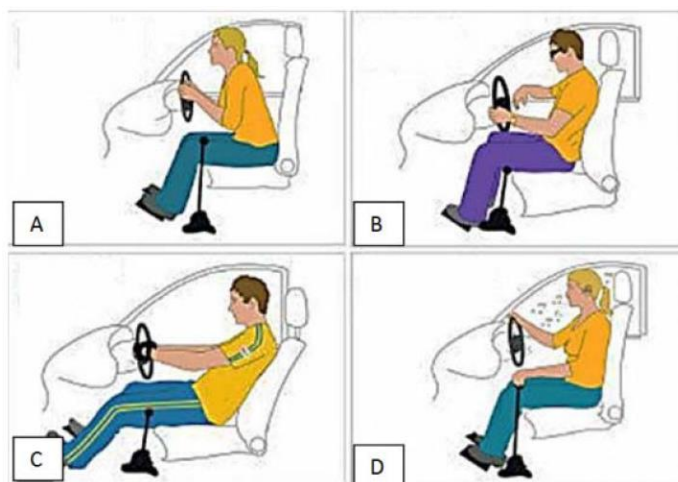


Figura 3.- Tipos de posturas para conducir

Fuente: Deros, B. (2015). Incorporating Malaysian's Population Anthropometry Data in the Design of an Ergonomic Driver's Seat [Figura]. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.388>

Dentro del estudio biomecánico, una investigación realizada por Schmidt en Alemania durante el año 2014, que involucro a 40 personas para obtener información acerca del campo de movimiento del conjunto hombro-codo mientras se conduce un vehículo como se muestra en la figura 4, para ello se utilizó un simulador de manejo con el fin de encontrar una postura óptima para conducir, como resultados se obtuvo que los ángulos del codo de 95 y 120 grados muestran la diferencia más corta entre el camino predefinido y el conducido siendo estos los mejores ángulos en relación a la precisión en la dirección y velocidad máxima de dirección (Schmidt, 2015).

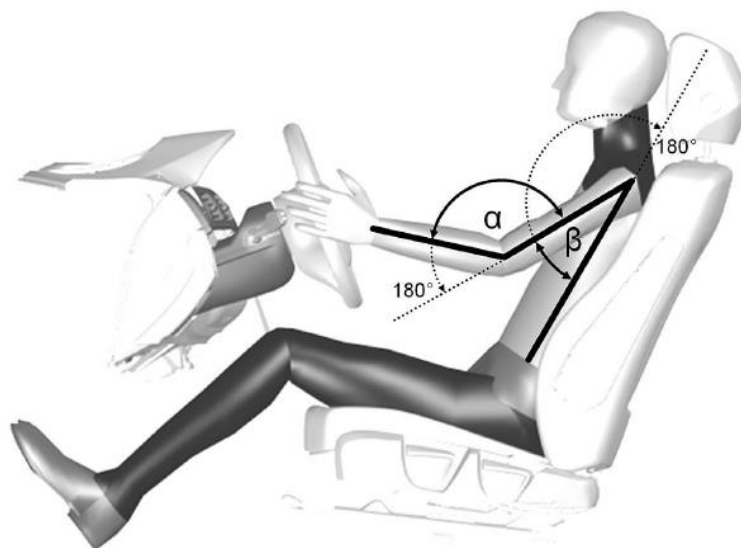


Figura 4.- Ángulos del cuerpo durante la conducción

Fuente: Schmidt, S. (2015). *Influence of different shoulder-elbow configurations on steering precision and steering velocity in automotive context*. [Figura]. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.07.017>

Otro estudio biomecánico de la postura del conductor en base al diseño ergonómico fue realizado durante el año 2002 por Giuseppe Andreoni en Milán-Italia, el objetivo de este trabajo consistió en presentar un método de múltiples factores para el análisis de la postura sentado y las interacciones resultantes del cuerpo del conductor con el asiento y el respaldo. A través de sensores y cámaras se determinaron las posiciones que adopta el conductor durante la conducción como se indica en la figura 5, se realizó un modelo biomecánico 3D de cada participante, colocando marcas en los puntos claves del cuerpo a analizar durante la conducción, una vez colocados el sujeto ingresaba al vehículo y establecía las regulaciones del asiento y volante que consideraba más cómodas, la tabla 4 nos indica los valores promedio para cada ángulo (Andreoni, 2002).

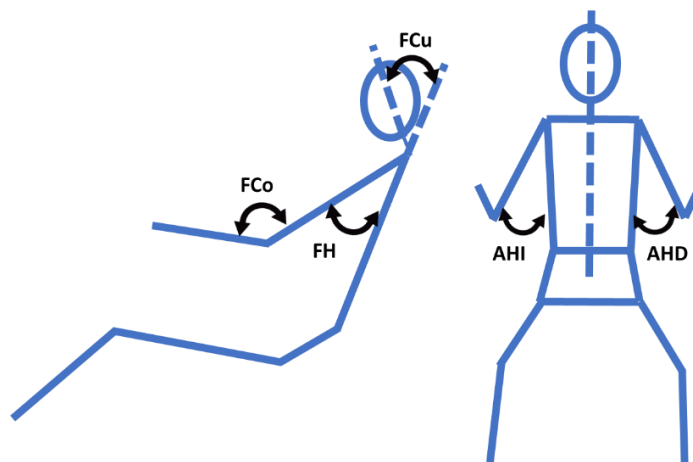


Figura 5.- Ángulos del cuerpo durante la conducción

Fuente: Andreoni, G. (2002). *Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers*. [Figura]. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(02\)00069-8](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(02)00069-8)

Tabla 4.- Valor promedio ángulos corporales durante la conducción

		Valor promedio	Desviación Estándar
Flexión del Codo derecho	FCoD	113.75	10.48
Flexión del Codo izquierdo	FCoI	116.97	9.09
Flexión hombro derecho	FHD	30.70	10.70
Flexión hombro izquierdo	FHI	33.19	9.30
Abducción hombro derecho	AHD	34.20	15.87
Abducción hombro izquierdo	AHI	21.05	8.85

Fuente: Andreoni, G. (2002). *Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers*.

En la tabla 5, se menciona la comparación con diferentes autores en relación a estudios antropométricos en la conducción.

Tabla 5.- Comparación ángulos corporales según varios autores

	Andreoni 2002		Rebiffe 1969		Wisner 1963		Babbs 1979		Tilley 1994	
	Min	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max
Flexión del Hombro	12	44	10	45	15	35	10	45	0	35
Flexión del Codo	104	135	80	120	80	90	80	120	80	165

Fuente: Andreoni, G. (2002). *Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers.*

Como recopilación de la literatura antes mencionada se concluye que existe un rango de valores promedio para ángulos corporales en base a la ergonomía y biomecánica del conductor, siendo estos:

- Flexión del Hombro: 9.4 – 40.8
- Flexión del Codo: 84.8 - 126
- Flexión del Cuello: 3.22 – 13.12
- Abducción del hombro izquierdo: 12.2 – 29.9
- Abducción del hombro derecho: 18.33 – 50.07

Otro parámetro fundamental para el diseño se relaciona con el diseño del volante y las preferencias del usuario en cuanto a su interacción con el mismo, una mínima cantidad de estudios han centrado sus investigaciones en las posiciones de las manos de los conductores en el volante y su forma de agarre, a continuación, se citan algunos de ellos.

Un estudio observacional realizado en ruta por Walton y Thomas durante el año 2005, revelaron tres formas diferentes en las cuales los conductores colocaban sus manos en el volante: la figura 6 indica las 3 posiciones presentadas con mayor frecuencia a la hora de conducir; a) dos manos en la parte superior, b) una mano en la parte superior, o c) dos manos en la parte inferior, obteniendo que aproximadamente el 25% de los conductores colocaban sus dos manos en la mitad inferior, otro 25% colocaban sus manos en la mitad superior y el 50% utilizaban una sola mano en la mitad superior del volante, la prueba se realizó en una variedad de caminos, zonas de alta, media y baja velocidad, volumen variado de tráfico y numero variado de carriles, encontrando que el número de manos en el volante no varía en relación a la presencia de obstáculos en la vía, pero si en relación a velocidades más altas y mayor volumen de tráfico (Walton, 2005).



a) Dos manos en la parte superior



b) Una mano en la parte superior



c) Dos manos en la parte inferior

Figura 6.- Posiciones comunes de las manos durante la conducción

Fuente: Walton, D. (2005). *Naturalistic observations of driver hand positions*. [Figura].

Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.trf.2005.04.010>

Jonsson durante el año 2011 realizo un estudio observando las posiciones naturales de las manos en los conductores mientras están en la carretera, encontrando que hombres y mujeres difieren significativamente en la posición de colocación de la mano sobre el volante. De los hombres el 38% colocó la mano izquierda en la parte inferior, el 55% colocó la mano izquierda entre las posiciones 9 y 12 haciendo referencia a las manecillas del reloj como se indica en la figura 7, el 20% colocaron la mano derecha entre las posiciones 3 y 12, mientras que las mujeres fueron el 50%, 49% y 29% respectivamente, para la mano derecha no existió diferencias significativas entre hombres y mujeres donde el 78% y 71% respectivamente la colocaron en la parte inferior del volante, al menos una mano en la mitad superior hombres 72%, mujeres 61%, ambas manos en la mitad inferior del volante hombres 28%, mujeres 39% y ambas manos en la mitad superior del volante 18% tanto para hombres como mujeres.(Jonsson, 2011).

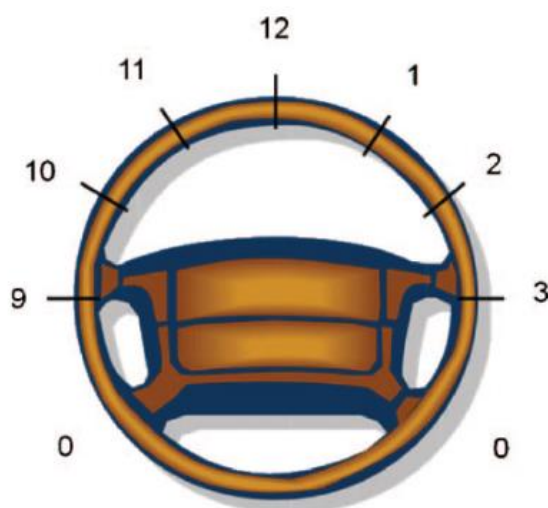


Figura 7.- Posiciones de la mano en el volante en referencia a las manecillas del reloj

Fuente: Jonsson, B. (2011). *Hand position on steering wheel during driving*. [Figura].

Recuperado de <https://doi.org/10.1080/15389588.2010.533722>

Un estudio en el año 2014 por Mary Mossey realizado en la Universidad de Clamson en Estados Unidos determino la posición de las manos del conductor sobre el volante y el tipo de agarre mediante el uso de datos antropométricos, para la evaluación se tomaron 32 participantes, en este estudio, la mayoría de participantes comunico que la posición más cómoda para agarrar el volante era simétrica (75.8%) y/o en la mitad superior del volante (79.7%), mientras que solo 10.9% informó que dos manos en la parte inferior del volante sería más cómodo (Mossey, 2014). La figura 8 muestra las diferentes posiciones de la mano sobre el volante para cada modelo de vehículo y usuarios durante el estudio.

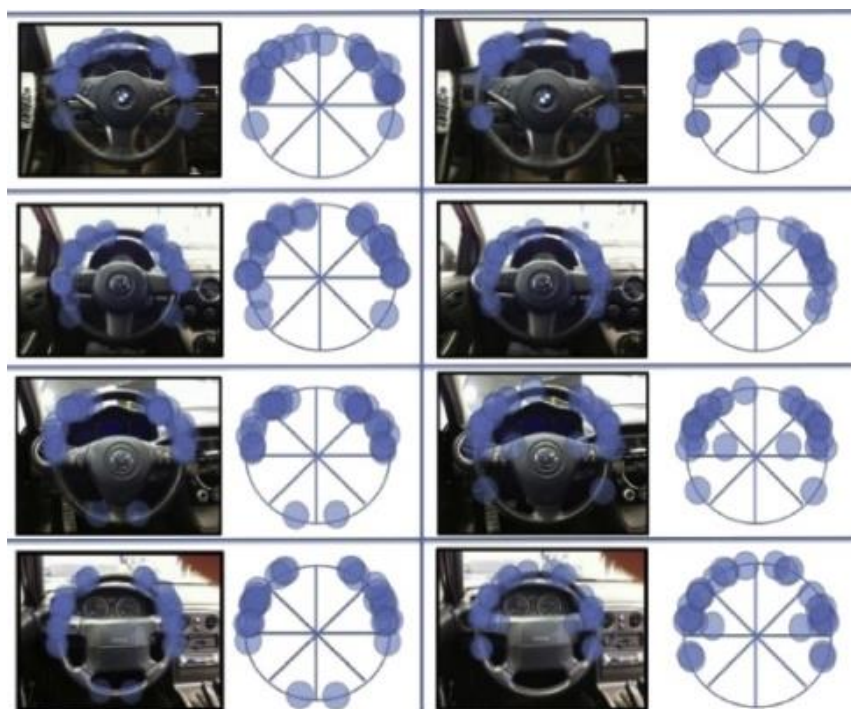


Figura 8.- Posiciones de agarre del volante

Fuente: Mossey, M. (2014). *Evaluation of four steering wheels to determine driver hand placement in a static environment. Applied Ergonomics*. [Figura]. Recuperado de

<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.02.008>

Adicionalmente a la posición de las manos se analiza el agarre que posee la mano sobre el volante, donde un estudio de Nishina en el año 2006, se centró en las preferencias del usuario con respecto a las empuñaduras del volante, con la participación de 21 conductores con amplia experiencia se utilizaron un rango de adjetivos para describir el agarre hacia el volante (suave/firme, elástico/rígido, apropiado/no apropiado, áspero/liso, lujoso/barato, estable/resbaladizo, cómodo/incómodo) asignado valores numéricos para cada termino, los datos se analizaron utilizando el método Kansei obteniendo una ecuación estructural para evaluar correlaciones, obteniendo que las correlaciones predominantes eran los términos “suave/firme” y “elástico/rígido” donde el diámetro preferido por los participantes fue de 3.175cm, con estas correlaciones y el diámetro preferido identificados a partir del usuarios se puede diseñar volantes que cumplan las expectativas del conductor, (Nishina, 2006).

Durante la conducción el usuario ejerce una fuerza sobre el volante para poder girar el mismo, esta fuerza fue investigada por Mahmut Eksioglu durante el año 2008 en Turquía, presentando los resultados de un estudio acerca de la fuerza de agarre sobre el volante por conductores, la medición de fuerza se realizó a través de un sistema de mapeo de presión personalizado envuelto alrededor del volante el cual se indica en la figura 9, evidenciando valores de fuerza absoluta y fuerza de agarre neta, siendo estas 57.8N y 34.1N respectivamente (Eksioglu, 2008).



Figura 9.- Sistema de mapeo de presión en el volante

Fuente: Eksioglu, (2008). *Steering-wheel grip force characteristics of drivers as a function of gender, speed, and road condition*. [Figura]. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.01.004>

Para desplazar la palanca selectora de cambios es necesario aplicar cierta cantidad de fuerza sobre ella, esta es ejercida por el conjunto de hombro brazo y mano del conductor, la cual viene condicionada por aspectos fisiológicos de cada persona, como la postura, la cantidad de músculos que intervienen o la velocidad con la que se realiza la acción, siendo la fuerza máxima de un musculo aproximadamente 8.5 kg por cada centímetro cuadrado (Diego-Mas, 2020).

Dentro del desplazamiento que realiza la palanca de cambios en cada velocidad, el movimiento tanto del hombro, codo, muñeca y mano se encuentra dentro de un rango normal de movimiento, evitando de esta manera límites de contracción o estiramiento muscular, de igual manera la velocidad requerida para cada cambio de marcha se encuentra en un rango moderado, mediante el método de valoración del riesgo el cual está definido en la norma EN 1005-3 la cual establece cuales son los límites de fuerza recomendados para la manipulación de máquinas, se

puede identificar la fuerza máxima requerida por el brazo para desplazar la palanca de cambios para cada velocidad del vehículo, de tal manera que basándonos en esta fuerza ejercida por el brazo se pueda seleccionar un dispositivo electromecánico capaz de reemplazar a esta extremidad (Diego-Mas, 2020).

Mediante el software Fuerzas – EN1005-3 disponible en la página de Ergonautas, se determinó el valor máximo de la fuerza aplicada en la palanca de cambios por parte del conductor, para cada movimiento que este realiza, a continuación, se detalla el tipo de movimiento y la fuerza máxima recomendada.

Tabla 6.- Fuerza máxima recomendada para movimientos de brazo en posición sentado

	Hacia afuera Fuerza máx. recomendada: 3.69 kg
	Hacia adentro Fuerza máx. recomendada: 5.72 kg
	Empujando con apoyo del tronco Fuerza máx. recomendada: 21.63 kg
	Tirando con apoyo del tronco Fuerza máx. recomendada: 19.57 kg

Fuente: Mas, D. (2020). *Evaluación del riesgo por las fuerzas ejercidas en el puesto de trabajo o en la utilización de máquinas mediante la norma EN 1005-3 Ergonautas,*

Juan Dols un experto en el ámbito de la conducción para personas con discapacidad durante el año 2005 realizó un estudio para determinar los rangos de movilidad articular y la fuerza muscular requerida por extremidades superiores e inferiores para la conducción de un automóvil, este análisis experimental se desarrolló mediante pruebas dinámicas, como herramienta de medición se utilizó un goniómetro, el grupo de conductores para este estudio estuvo conformado por 24 personas entre hombres y mujeres de diferentes edades, el vehículo acondicionado para este análisis fue un modelo Ford Escort 5 puertas. A continuación, se presentan los valores obtenidos en las pruebas con extremidades superiores.

Tabla 7.- Grados de movilidad articular en miembros superiores

Tipo de prueba	Medición en miembro	Límite superior (grados)	Valor medio	Límite inferior (grados)
Movimiento de giro del volante	Codo derecho	122.56	82.82	47.97
	Codo izquierdo	130.02	87.19	49.85
Cambio de marchas (secuencia 1a- hasta marcha atrás)	Codo derecho	98.17	70.40	25.14
	Codo izquierdo	83.30	75.53	70.36

Fuente: Dols, J. (2008). Análisis experimental de los rangos de movilidad articular y fuerza muscular requerida para la conducción de vehículos automóviles

En relación a los valores de torque se tiene la siguiente tabla:

Tabla 8.- Torque aplicado por miembros superiores durante la conducción

Tipo de prueba	Medición en miembro	Torque Medio
Valores medios	Par Volante	7 kg cm
de Torque	Par palanca de marchas	10 kg cm

Fuente: Dols, J. (2008). Análisis experimental de los rangos de movilidad articular y fuerza muscular requerida para la conducción de vehículos automóviles

Como resultado de la bibliografía se determina que el rango promedio de fuerza aplicada en los 4 movimientos que realiza el conductor para el cambio de velocidades oscila entre 8.5 y 12 kg.

Actualmente la presencia de botones en el volante se ha popularizado en el diseño por parte de las marcas automotrices, estos botones permiten que el conductor pueda controlar funciones específicas del vehículo manteniendo su enfoque en el camino.

A través de un estudio durante el año 2005 realizado por Atsuo Murata en la universidad de Hiroshima se examinó como la cantidad y disposición de botones colocados en el volante del automóvil afectaban su interacción y rendimiento con el conductor como se muestra en la figura 10, con respecto a la disposición se obtuvo que el tipo cruz con tres botones fue el más modelo que proporcionó mejor rendimiento y la más alta calificación psicológica todo esto conduce a una repuesta más rápida por parte del conductor (Murata, 2005).

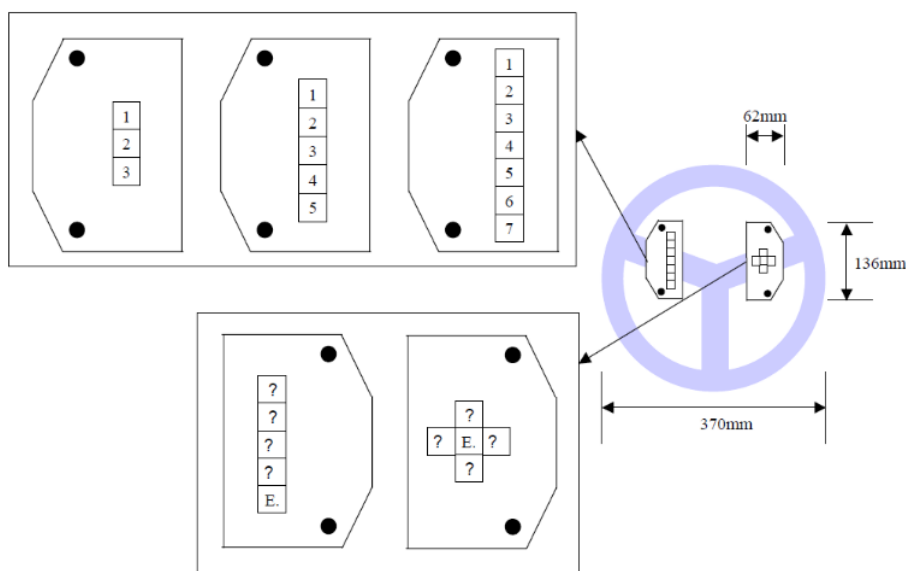


Figura 10.- Disposición de los interruptores, esquema del volante y los interruptores, y sus dimensiones aproximadas.

Fuente: Murata, A. (2005). *Ergonomics of steering wheel mounted switch-how number and arrangement of steering wheel mounted switches interactively affects performance.*

[Figura]. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.04.004>

Para colocar mandos auxiliares en el volante actualmente existen adaptaciones que se realizan en el volante, brindando apoyo en las tareas que presentan dificultad para un usuario con limitación en sus miembros superiores, las adaptaciones más utilizadas son las presentadas en la figura 11 (Eixerés, 2000):

- a) Pomo pequeño
- b) Pomo con tele comando
- c) Horquilla
- d) Empuñadura de dos puntos (Eixerés, 2000)

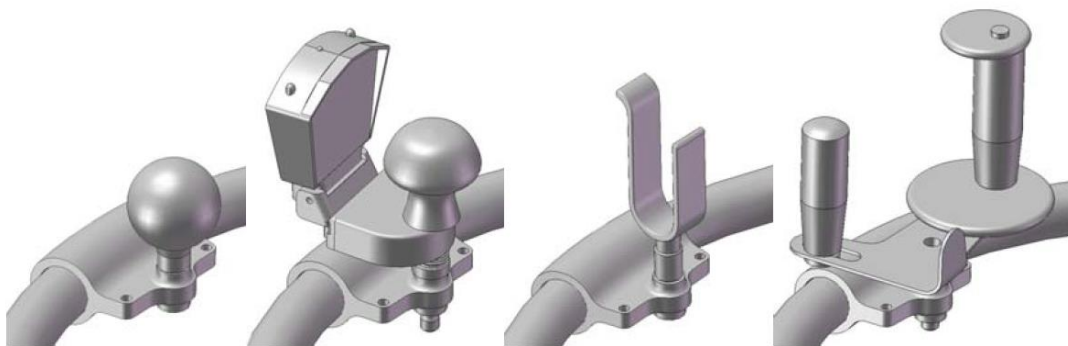


Figura 11.- Adaptaciones para el volante

Fuente: Eixerés, B. (2000). *Interferencia de las adaptaciones de conducción para discapacitados en la seguridad pasiva.*

Como se puede observar la mayoría de adaptaciones son en forma de pomo, esto se debe a que su geometría posee un estudio y diseño ergonómico, permitiendo un correcto agarre y distribuyendo de forma homogénea la carga por toda el área de contacto.

A través de un estudio realizado por Halil Ergen durante el año 2020, se analizó la distribución de carga y áreas de contacto en 4 tipos de agarre comunes utilizados en actividades cotidianas. La habilidad de la mano humana para agarrar y manipular objetos es única, la capacidad de los dedos para adaptarse a una variedad de texturas, formas y tamaños es la base para esta habilidad, la piel y los tejidos forman una estructura capaz de un amplio rango de movimientos, la fuerza aplicada al agarrar un objeto puede extenderse sobre una mayor superficie de contacto, resultando en un agarre efectivo (Ergen, 2020).

Existen una serie de estudios en relación a la clasificación de tipos de agarres, los cuales se basan en la relación que existe entre el agarre con la forma del objeto, la mano o la superficie de la mano, de esta manera se han identificado 4 tipos de agarre: estándar, pellizco, empuñadura y

trípode. El estudio se realizó con una muestra de 80 personas, los cuales usando un guante con 17 regiones de monitoreo con 349 unidades de detección el cual se presenta en la figura 12, agarraban los diferentes tipos de objetos mediante los 4 tipos de agarres (Ergen, 2020).

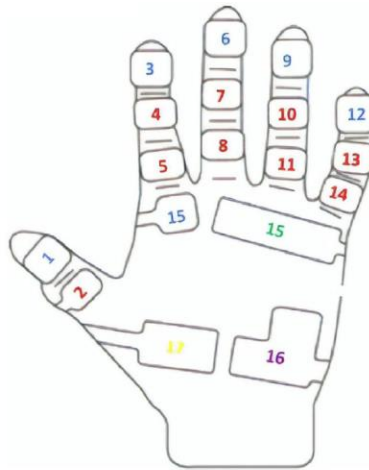


Figura 12.- Cantidad de sensores

Fuente: Ergen, H. (2020). Evaluation of Load Distributions and Contact Areas in 4 Common Grip Types Used in Daily Living Activities. [Figura]. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2019.06.006>

Se colocaron objetos de muestra (botella, tornillo, llaves y un objeto de metal) sobre un escritorio para realizar las evaluaciones, por cada tipo de agarre con cada objeto se repitió 3 veces, evaluando únicamente la mano derecha de cada participante. Para el agarre estándar el participante levanta una botella con agua (500 ml), la sostuvo durante 5 segundos. Para agarre tipo pellizco, se sostuvo un tornillo durante 5 segundos. Para el agarre lateral, se midió el agarre mientras el participante tomó una llave que estaba sobre el escritorio y la sostuvo durante 5 segundos finalmente para el agarre trípode, se registró el agarre mientras el participante levantaba un objeto de metal con un peso de 750 g durante 5 segundos (Ergen, 2020).

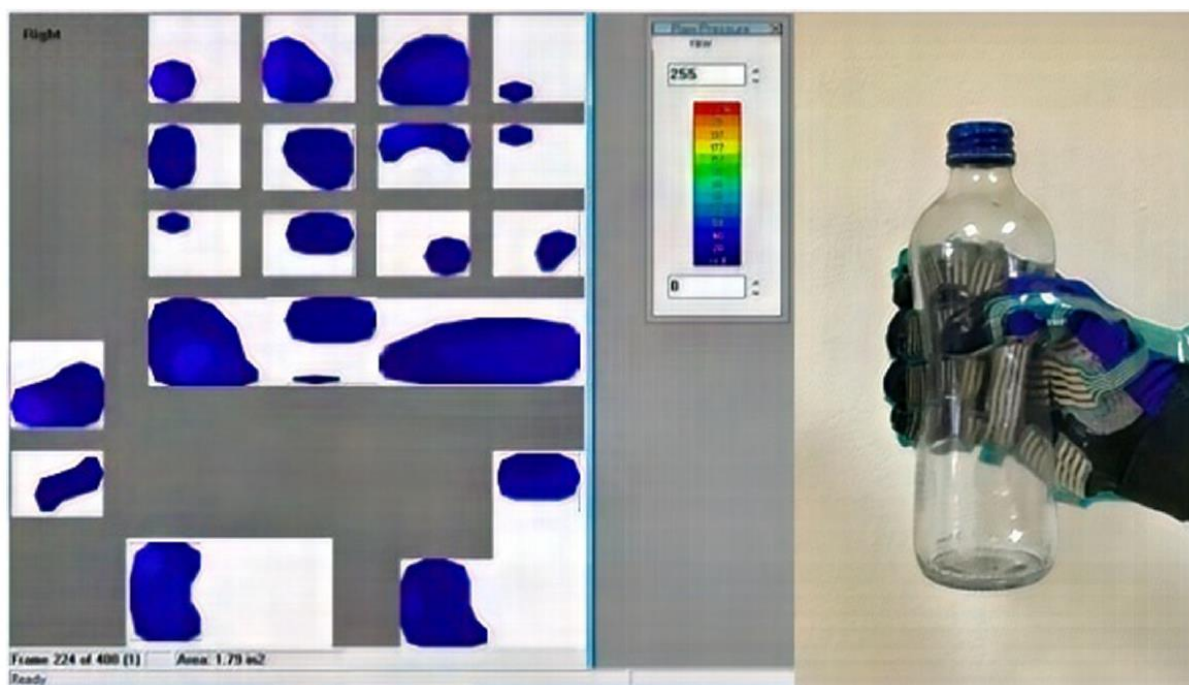


Figura 13.- Análisis de agarre en tiempo real

Fuente: Ergen, H. (2020). Evaluation of Load Distributions and Contact Areas in 4 Common Grip Types Used in Daily Living Activities. [Figura]. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2019.06.006>

Como resultado del análisis se determinó que un agarre estándar con presión palmar cilíndrica mostrado en la figura 13, al contar con mayor área de contacto distribuye la carga por toda la palma de mano generando un agarre efectivo sobre toda la superficie del objeto, independientemente de su forma, tamaño y textura (Ergen, 2020). A continuación, en la tabla 9 se detallan las áreas de contacto y la distribución de carga para cada tipo de agarre.

Tabla 9.- Comparación diferentes tipos de agarre para áreas de contacto y distribución de cargas

Áreas de Contacto			
			
Agarre Estándar	Agarre tipo pellizco	Agarre Lateral	Agarre trípode
Distribución de Carga			
			
Agarre Estándar	Agarre tipo pellizco	Agarre Lateral	Agarre trípode

Fuente: Ergen, H. (2020). Evaluation of Load Distributions and Contact Areas in 4 Common Grip Types Used in Daily Living Activities.

Método

El presente estudio se basa en la investigación experimental, siendo esta una investigación de carácter objetiva, sistemática y basada en el principio de causalidad entre variables (Burns & Grove, 2004, p.31); la investigación como finalidad, proponer un diseño en concepto de un dispositivo adaptable para el cambio de marchas, enfocado a personas que poseen discapacidad del brazo y/o mano derecha.

A continuación, en la figura 14 se detalla el diagrama de procesos, en el cual se explica el paso a paso de cómo se realizó la presente investigación. En resumen, se puede mencionar que el proceso consta de 10 etapas.

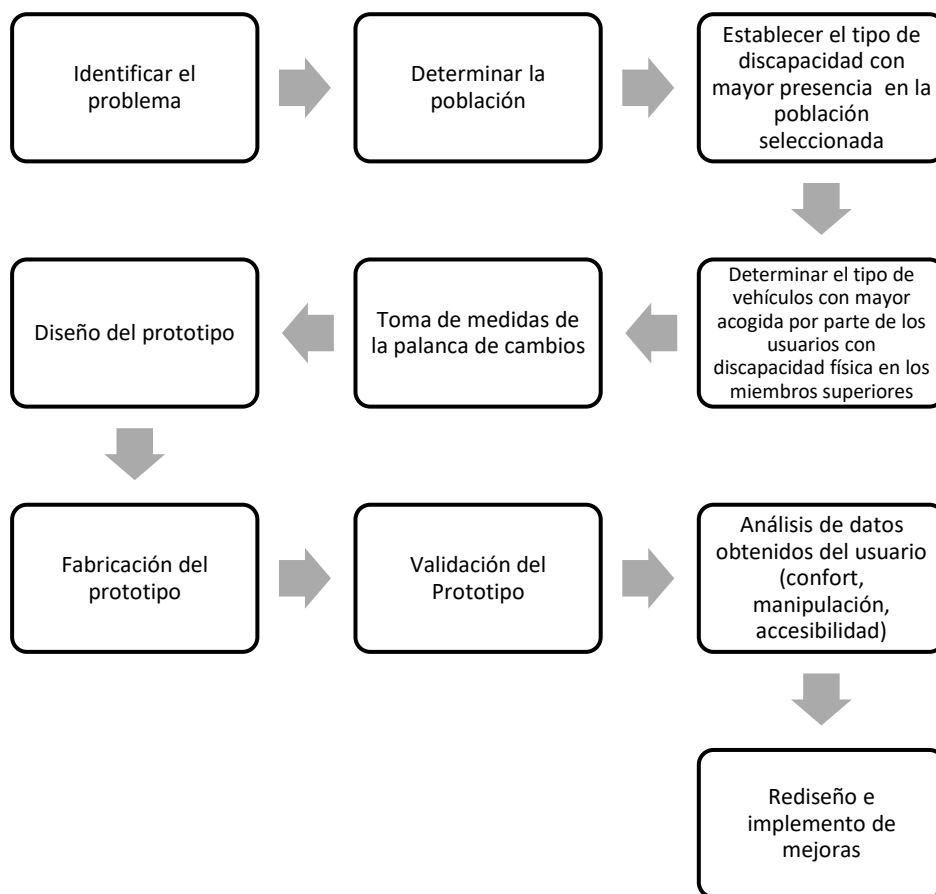


Figura 14.- Diagrama de procesos

Las primeras 3 etapas, engloban la problemática, a raíz de las cuales se puede seleccionar la muestra y determinar la discapacidad con la cual se va a trabajar y estudiar.

La selección del vehículo y toma de medidas necesarias, es un aspecto muy importante a considerar para que el dispositivo pueda ser adaptable y cumplir con los requerimientos necesarios para un correcto cambio de marchas.

En cuanto al diseño y fabricación, se partió de un diseño CAD, el cual se realizó con las medidas previamente establecidas, una vez finalizado este, se procede a su fabricación.

La validación del prototipo, tras una prueba de manejo en condiciones reales permite conocer la interacción usuario-prototipo, con lo cual se obtiene datos relacionados a satisfacción, comodidad y acogida del dispositivo.

El análisis de datos, permite conocer la opinión de la muestra frente al dispositivo identificando cambios, sugerencias o mejoras en relación a preferencias, hábitos, gustos, etc.

En el rediseño, se plantea todas las posibles mejoras, se analiza cuáles son viables y pueden ser aplicadas a un nuevo diseño con el objetivo de mejorar el nivel de prestaciones y aceptación del dispositivo por parte el usuario.

Para el diseño del prototipo se utiliza el “Design Thinking” lo cual se define como un método que nos permite generar soluciones innovadoras basadas en las necesidades de los usuarios (Brown, 2008).

.....“El Design Thinking es la intersección de las necesidades de las personas, su viabilidad técnica y su viabilidad como negocio” (Brown, 2008)

Esta metodología de naturaleza experimental cuenta principalmente con cinco etapas con las cuales se aborda el ciclo completo para la innovación de un producto o servicio con un enfoque centrado en el usuario, siendo un proceso no lineal donde se puede repetir y volver hacia atrás en las etapas si el proyecto lo requiere (Brown, 2008). La ilustración 1 nos presenta las etapas del Design Thinking.

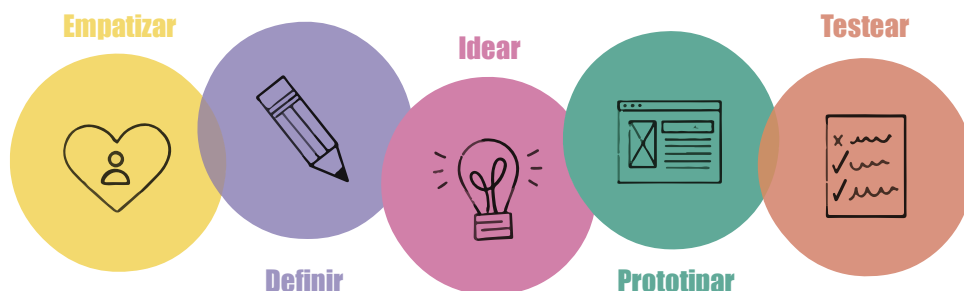


Figura 15.- Proceso del Design Thinking

Fuente: Brown, T. (2008). *Design Thinking - Design Básico*. Harvard Business Review. [Figura].

Recuperado de www.hbr.org

Para el año 2020 como resultado del censo realizado por el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades CONADIS se muestra que existen 485.325 personas en el país que padecen de algún tipo de discapacidad, quienes presentan varias dificultades debido a su condición, siendo una de vital importancia la movilidad; la capacidad para moverse permite alcanzar independencia mejorando de esta manera la calidad de vida y el autoestima, factores muy determinantes dentro del proceso de rehabilitación (García, 2010).

Como primer paso del Design Thinking se identificó todas las condiciones adversas existentes para que una persona con limitación física tenga acceso a la conducción de un vehículo, donde se evidenció que uno de los principales problemas que enfrentan es la elección adecuada de las adaptaciones requeridas en el vehículo en función de su discapacidad (Ferrandis, 2000).

Para acceder a la conducción de un vehículo una persona con limitaciones física necesita realizar una secuencia de acciones de bajo nivel de dificultad que por su condición incrementan su grado de dificultad, lo cual requiere un mayor esfuerzo físico (Dols, 2016, p.4).

Las funciones básicas a cumplir, empiezan desde:

- a) La entrada y salida del automóvil.
- b) Utilización de mandos de conducción como el acelerador, freno y volante; mandos de operación como las direccionales, pito y mandos de seguridad como el cinturón.
- c) El control de la palanca de selección de marcha, necesita coordinación de miembros (mano, pie), y cierto grado de fuerza.
- d) Capacidad de reacción (reflejos)
- e) Coordinar las operaciones de control total del vehículo
- f) Mantenimiento del vehículo

Como siguiente paso se identificó el tipo de discapacidad con mayor porcentaje en la población siendo este de tipo físico con un 46,64% lo que equivale a 226.347 personas, dentro de las cuales solamente 1.887 han accedido al beneficio otorgado por el gobierno para la adquisición de un automotor libre de aranceles, todo esto nos muestra que el acceso a un vehículo para una persona con discapacidad actualmente se encuentra muy limitado por varios factores, uno de ellos hace referencia al valor comercial del vehículo, si bien es cierto, la versión automática es la más fácil y adaptable en cuanto se refiere a la conducción de una persona con discapacidad, está se encuentra disponible en vehículos de gama media-alta, lo que representa una mayor inversión. El valor de un vehículo con estas características, oscila entre 17 y 29 mil dólares, los más comercializados en el mercado ecuatoriano; por otra parte, es correcto mencionar que en la actualidad existe una tabla relacionada al porcentaje de discapacidad y beneficio o descuento otorgado por presentar el carnet

de CONADIS. A simple vista esto parece ser una gran oportunidad, sin embargo, en el *Manual para la calificación de las discapacidades publicada por el Ministerio de Salud Pública (MSP)* en el año 2018, determina que una deficiencia del 100% en su extremidad superior representa tan solo el 25% de discapacidad, excluyéndolo de este beneficio, debido a que para acceder a un descuento el porcentaje mínimo por discapacidad debe ser del 30% (MSP, 2018).

Una de las condiciones encontradas con mayor frecuencia en personas con discapacidad física fue la limitación de movimiento en sus miembros superiores, lo que impide un correcto cambio de marchas, para usuarios que ya cuentan con un vehículo de transmisión manual. Por esta razón el presente estudio pretende brindar una alternativa adaptable para un correcto cambio de velocidades por conductores que presentan esta condición.

A continuación, dentro del proceso de diseño se plantearon varias ideas para analizar y determinar cuál es la opción más viable que permita el cambio de marchas en un vehículo de tracción manual de manera automática, para lo cual se decidió fabricar un prototipo selector electrónico para cambio de velocidades automático, el mismo que será controlado por botones ubicados en el lado izquierdo del volante para la selección de la marcha requerida.

Al ser este un dispositivo adaptable deberá cumplir con los siguientes principios de diseño:

- Ser modular y portátil
- Adaptativo a diferentes modelos de automóviles tipo sedan
- Facilidad para su instalación y desinstalación
- Facilidad de uso por parte del conductor
- Capaz de realizar el cambio de marchas de manera adecuada

Dimensionamiento de la palanca de cambios

Para realizar el prototipo se tomó las medidas de la palanca de cambios en el vehículo seleccionado para la evaluación, siendo un Renault modelo Logan.



Figura 16.- Medidas Base Palanca de Cambios

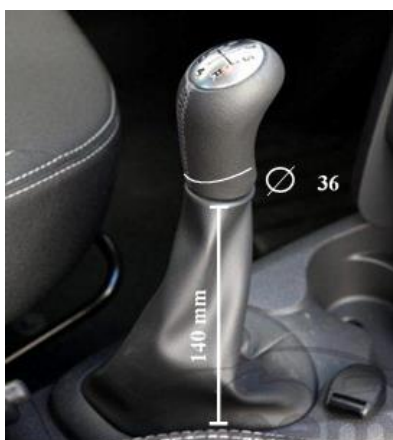


Figura 17.- Medidas alto de la palanca y diámetro inferior pomo



Figura 18.- Medidas como límite superior



Figura 19.- Medidas y diámetro palanca selectora

Dimensionamiento del recorrido de la palanca selectora

A continuación se realizó la medición del recorrido que realiza la palanca selectora tanto horizontal como vertical.



Figura 20.- Posición de la palanca de cambios en el origen



Figura 21.- Palanca de cambios en el límite de su movimiento horizontal



Figura 22.- Palanca de cambios en el límite de su movimiento vertical

Diseño CAD

Como resultado del dimensionamiento en su movimiento vertical y horizontal se presenta la siguiente ilustración.

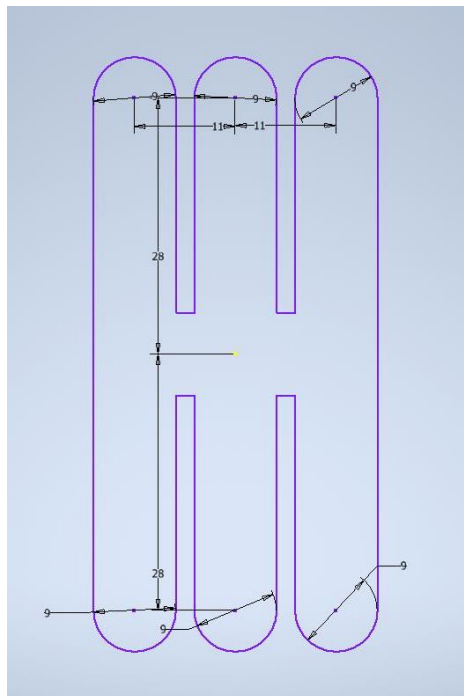


Figura 23.- Recorrido horizontal y vertical de la palanca selectora

Como se puede observar en la figura 23, el recorrido que posee la palanca selectora es:

- 11 mm a cada lado en dirección horizontal
- 28 mm a cada lado en dirección vertical.

Una vez dimensionada la pista de recorrido de la palanca selectora se realizó el modelo CAD.

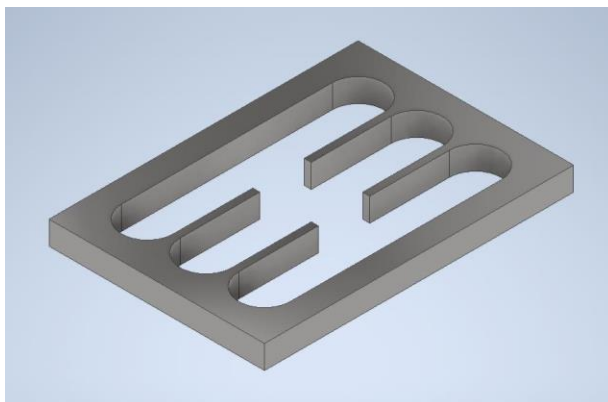


Figura 24.- Pista de recorrido palanca selectora

En el software Inventor se realizó simulación dinámica.

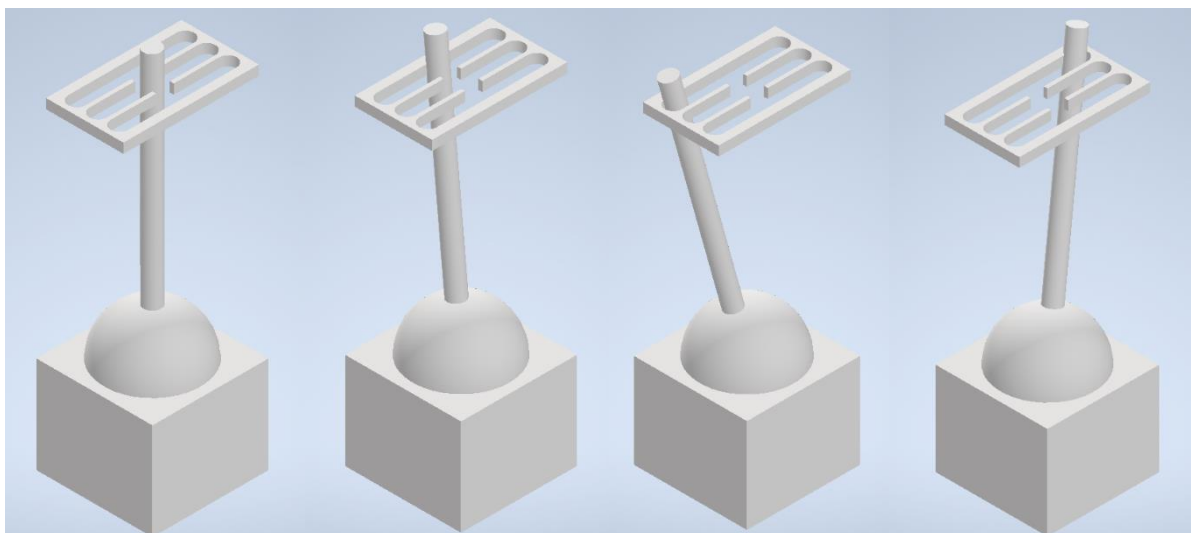


Figura 25.- Simulación dinámica palanca selectora

Fabricación Prototipo (Mock-Up)

Se fabricó un prototipo funcional en cartón para comprobar si las dimensiones se ajustan correctamente al desplazamiento de la palanca selectora.



Figura 26.- Prototipo pista de recorrido palanca selectora (Mock-Up)

Con el prototipo fabricado en cartón se realizó una prueba de funcionalidad en la palanca de cambios del vehículo, para comprobar que el desplazamiento, las dimensiones y la altura sean las correctas.



Figura 27.- Prueba de prototipo de pista de recorrido en palanca de cambios

Se fabrico el prototipo de la base en cartón para comprobar el correcto dimensionamiento, para lo cual se realizaron pruebas de recorrido para cada marcha, verificando el correcto desplazamiento dentro de la pista para cada velocidad.



Figura 28.- Prototipo de la base en cartón (Mock-Up)

Diseño del Mecanismo

Para el movimiento de la palanca de cambios se diseñará un robot cartesiano, el cual permite un movimiento en el sistema de ejes cartesianos en este caso $X - Y$, consta de dos ejes (uno para cada plano), cada uno de ellos se desplaza de forma lineal, formando un ángulo recto entre ambos. Como base se tiene un eje horizontal, sobre el cual se acopla perpendicularmente otro eje horizontal, de esta manera se obtiene un desplazamiento en dos ejes, lo cual permite desplazar la palanca selectora de cambios con una precisión uniforme y alta fiabilidad para seguir las trayectorias previamente establecidas.

El robot cartesiano es ampliamente utilizado en procesos que involucran el desplazamiento de piezas o herramientas en coordenadas cartesianas sin existir una modificación en los ángulos de orientación, para su correcto diseño se debe considerar una serie de premisas que se detallan a continuación (Segovia, 2007):

- Grados de libertad
- Rango de recorrido
- Velocidad de desplazamiento
- Tamaño y peso de la pieza a manipular
- Entorno de trabajo

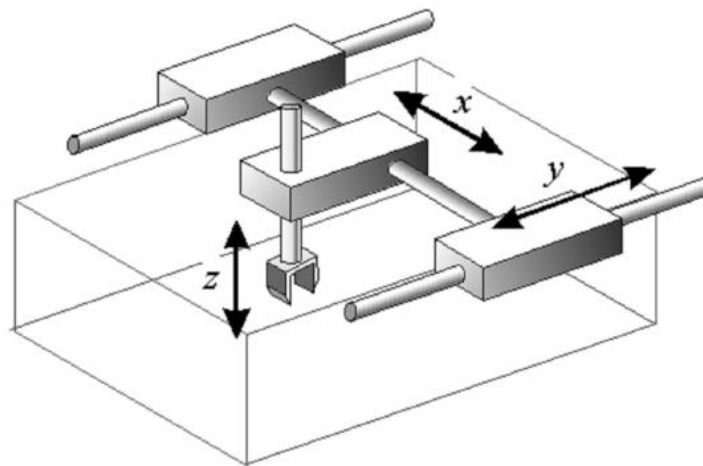


Figura 29.- Robot Cartesiano 3 ejes

Selección de materiales electromecánicos

Para poder reemplazar el trabajo que realiza la extremidad superior derecha en función del desplazamiento de la palanca de cambios es necesario la selección de dispositivos electromecánicos con características y prestaciones optimas los cuales cumplan con todos los parámetros requeridos para un óptimo cambio de velocidad en el vehículo.

Para el desplazamiento de la palanca selectora de cambios se utilizará motores paso a paso, un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico el cual convierte los pulsos eléctricos recibidos en desplazamientos angulares, este tipo de motores son ideales para mecanismos en donde se requiere fuerza y alta precisión, cuenta con la característica de enclavamiento para una posición determinada, de esta manera es fácil controlar la posición sin la necesidad de una retroalimentación (De Viaene, 2018).



Figura 30.- Motor paso a paso

Para el control de estos motores paso a paso se utilizará un microcontrolador el cual consta de un circuito integrado que tiene la característica de ser programable, capaz de ejecutar de forma autónoma una serie de instrucciones previamente establecidas, para este caso el microcontrolador elegido es un Arduino modelo UNO, este posee un software gratis, libre y funciona en cualquier plataforma (Torrente, 2013).



Figura 31.- Arduino UNO

Adicionalmente para el control del motor paso a paso se utilizará un driver gracias a que este tiene limitación de corriente ajustable, protección contra sobre corriente, diferentes configuraciones para ángulos de paso, el modelo seleccionado es un Tb6560 el cual es compatible con microcontroladores como Arduino y otros que puedan generar señales de pulsos de 5V, soporta voltajes entre 5 a 24V DC, proporcionado hasta 3 amperios de corriente de forma continua, mediante este driver se puede controlar la dirección y el paso del motor con una mayor precisión, la dirección de giro del eje del motor va relacionada a la secuencia de pulsos, la velocidad de giro con la frecuencia de pulsos y el tiempo de rotación con la cantidad de pulsos.

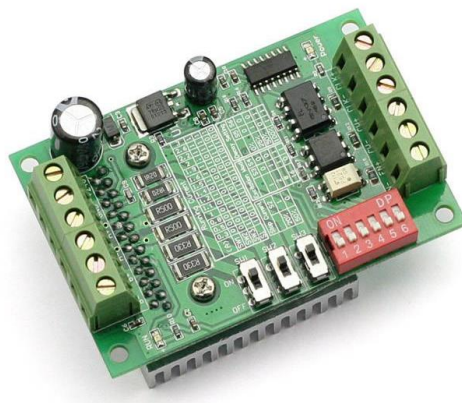


Figura 32.- Driver Tb6560

Prueba de Torque

Una vez verificada la base y sus dimensiones se realizó la prueba de torque para el motor paso a paso modelo NEMA 17, con el objetivo de comprobar si el torque es suficiente para desplazar la palanca selectora. Este motor paso a paso modelo NEMA 17 es un motor bipolar, sus principales características son:

- Dimensiones: 42 x 48 mm
- Peso: 350 gramos
- Angulo por paso: $1,8^\circ$
- Corriente: 1.2 Amperios
- Voltaje por fase: 4 Voltios
- Resistencia por fase: 3.3 Ohm
- Torque: 3.2 kg/cm



Figura 33.- Prueba de torque motor paso a paso Nema17

Tras realizar la prueba de fuerza se evidencio que el torque que posee el motor paso a paso Nema17 no es suficiente para desplazar la palanca selectora con lo cual no se puede realizar un cambio de marcha adecuado.

A continuación, se seleccionó un modelo de motor paso a paso con mayor torque siendo este el modelo Nema23, el cual es un motor paso a paso híbrido bipolar fabricado con imanes de neodimio que le confieren un mayor rendimiento y torque, sus principales características son:

- Altura del Motor 54mm
- Angulo por Paso: 1.8°
- Voltaje por fase: 5.2Vdc
- Corriente: 2 Amperios
- Torque: 12.2 kg/cm
- Resistencia por Fase: 2.1 Ohm



Figura 34.- Prueba de torque motor paso a paso Nema 23

Tras la prueba de fuerza con el motor paso a paso Nema23 se verifico que el torque que posee dicho motor es capaz de desplazar la palanca selectora y de esta forma permite el cambio de marchas del vehículo de manera adecuada.

Programación en Arduino

Se realizó la programación en Arduino y se simuló el circuito en el software Proteus, para comprobar su correcto funcionamiento.

```
void loop(){
  if (digitalRead (pulsador)==HIGH){
    estado=1;
  }
  if (estado==HIGH && digitalRead (pulsador)==LOW){
    complemento=!complemento;

    digitalWrite (4, complemento);

    digitalWrite(dirPin1,HIGH); // Enables the motor to move in a particular direction
    // Makes 200 pulses for making one full cycle rotation
    for(int x = 0; x < 2800;x++) {
      digitalWrite(stepPin1,HIGH);
      delayMicroseconds(400);
      digitalWrite(stepPin1,LOW);
      delayMicroseconds(400);
    }
  }
}
```

Figura 35.- Programación en Arduino

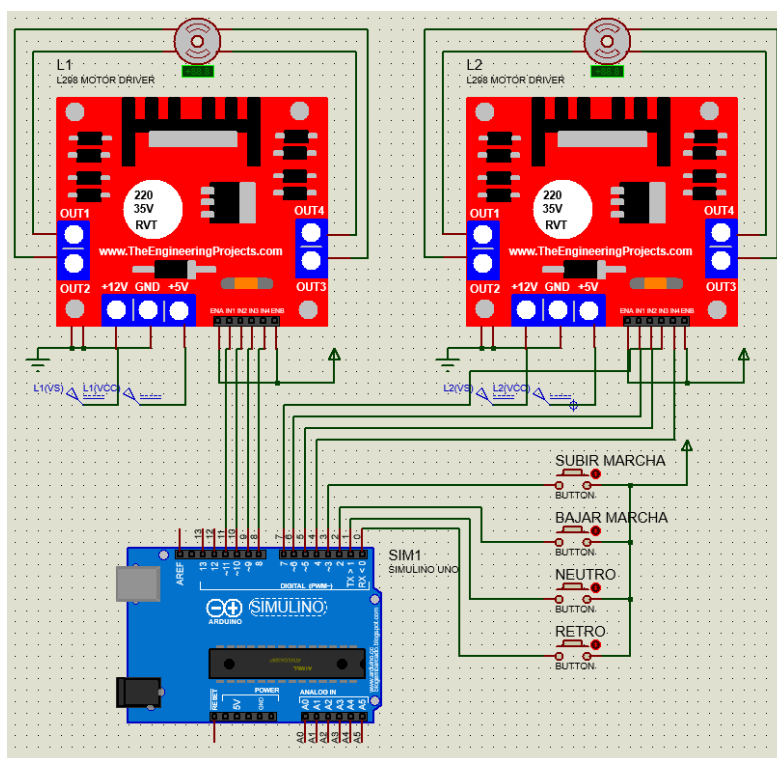


Figura 36.- Simulación electrónica

A continuación, se detallan los componentes requeridos para el prototipo:

Tabla 10.- Lista elementos electromecánicos

Elemento	Cantidad
Arduino UNO	1
Driver Tb6560	2
Motor paso a paso Nema23	2
Botón pulsador	4

Conexiones Físicas

Se realizo la conexión física de todos los componentes.

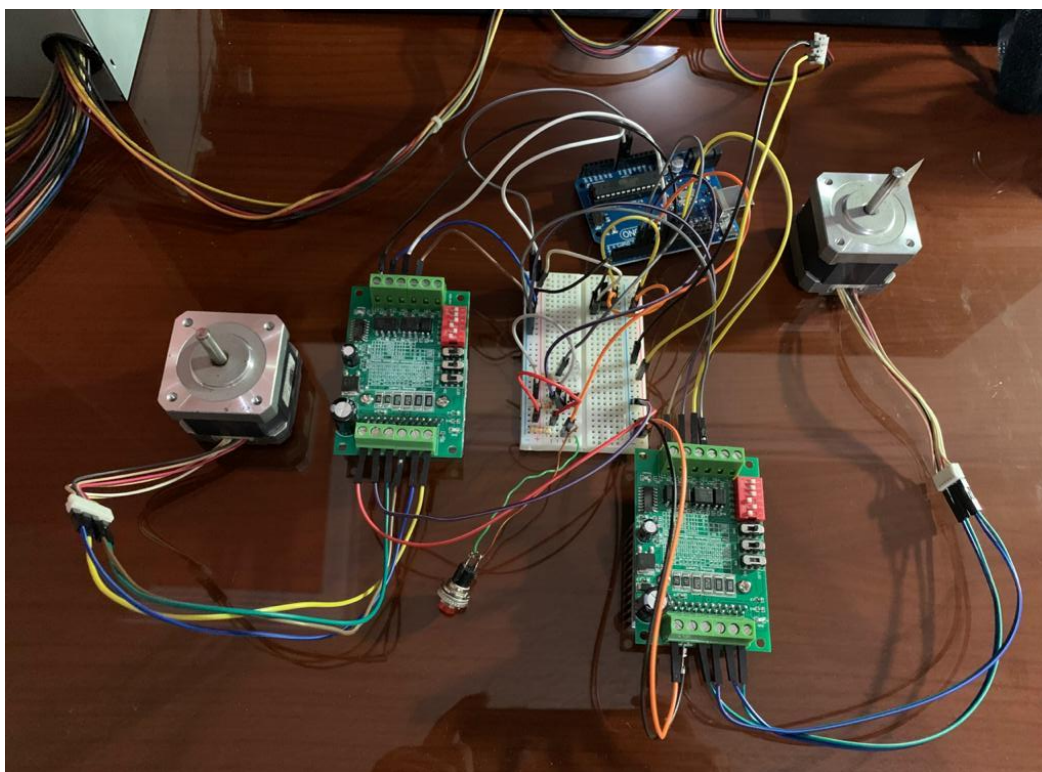


Figura 37.- Conexión física de todos los elementos

Diseño Mando de Control

Para el diseño del mando de control para la selección de marcha, basado en la literatura antes mencionada se realizó el diseño de un pomo con forma esférica, el cual consta con cuatro botones, con las siguientes funciones:

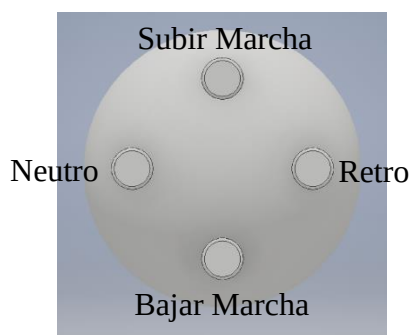


Figura 38.- Disposición de botones en pomo

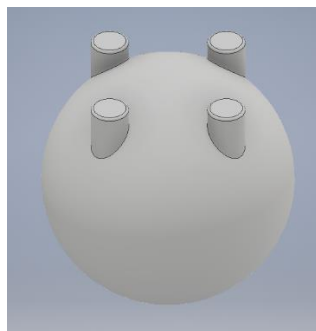


Figura 39.- Diseño CAD mando de control

El diseño del mando de control se realizó con el objetivo de proporcionar al usuario un correcto agarre al volante y facilidad para presionar los botones, logrando de esta manera una fácil manipulación y control en el cambio de velocidades, gracias a su diseño esférico permite un agarre tipo prensa palmar en el cual intervienen además de los dedos, la palma de la mano.

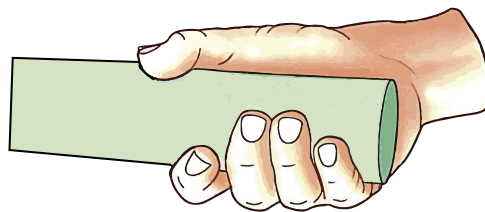


Figura 40.- Tipo de Agarre Palmar Cilíndrica

La presión digito palmar opone la palma de la mano a los cuatro últimos dedos, este tipo de prensa es utilizada para manejar una palanca o sujetar un volante, el objeto se sostiene entre los dedos flexionados y la palma de la mano, dejando libre el pulgar con el cual es posible presionar los botones (Kapandji, 2006).



Figura 41.- Prototipo Mando de Control para cambio de marchas

La disposición de los botones se realizó en base a estudios previamente mencionados, los cuales indican que el tipo cruz es el modelo que proporciona mejor rendimiento e interacción con un tiempo de respuesta menor por parte del conductor.

A continuación, se realizó el montaje, colocando todos los componentes electromecánicos sobre la base, esta fue fabricada en acero.

Tabla 11.- Prototipo de la base y pistas de motor en acero

a)		Base para soporte de ejes y pista para recorrido de la palanca selectora de cambios
b)		Motor y eje para movimiento en X
c)		Motor y eje para movimiento en Y
d)		Pomo adaptable en volante con botones para cambio de velocidades

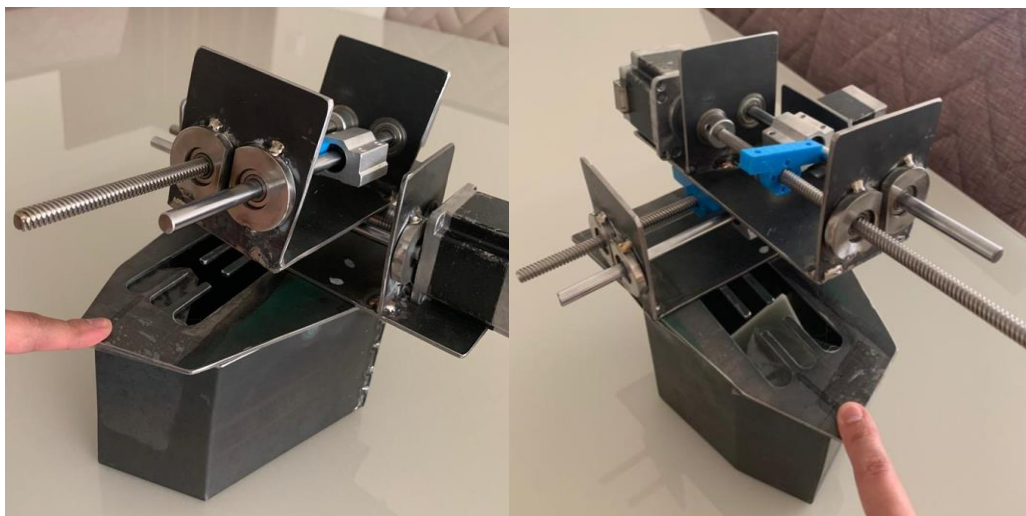


Figura 42.- Ensamblaje final

Pruebas

Para la validar la interacción usuario-prototipo se contó con un total de 35 participantes, con edades comprendidas entre los 18 – 59 años, la muestra está compuesta de 12 mujeres y 23 hombres, estas personas poseen licencia de conducir tipo B y utilizan el vehículo con fines personales, conduciendo el automóvil en un promedio de 2 a 4 horas diarias, a continuación, se detallan los datos de la población.

Tabla 12.- Datos de los participantes masculinos

Nombre	Edad	Estatura (cm)
Adriano Cabezas	55	168
Andrés Orozco	18	167
Byron Cardenas	54	168
Carlos Caicedo	35	175
Carlos Villacis	24	159
Daniel Molina	35	165
David Orozco	18	172
Diego Cardenas	18	163
Edwin Molina	59	160
Fabian Cardenas	48	160
Felipe Carpio	26	180

Francisco Iza	24	171
Gabriel Vélez	18	162
Gustavo Villacis	51	170
Jaime Amores	31	186
Jonatan Campos	28	164
Medardo Orozco	42	170
Nelson Manosalvas	52	171
Pepe Vélez	56	164
Renato Toaquiza	49	165
Ricardo Vélez	20	168
Rodny Estupiñan	19	170
Santiago Manosalvas	29	178

Tabla 13.- Datos de las participantes femeninas

Nombre	Edad	Estatura (cm)
Francis Cabezas	19	153
Estefany Cardenas	25	149
Gabriela Basantes	39	150
Jazmín Cabezas	25	156
Monserate Cedeño	57	157
Natalia Cardenas	38	152
Susana Velasco	55	150
Ximena Salazar	59	149
Lourdes Laico	55	159
Haydee Cardenas	49	150
Mishel Vélez	24	154
Karen Villacis	29	157

En la tabla 14 se indica la media y la desviación estándar, obtenidos a través de estadística descriptiva para el total de participantes.

Tabla 14.- Media y Desviación estándar

Participantes	Cantidad	Edad (años)		Estatura (cm)	
		Media	D.E.	Media	D.E.
Masculinos	23	35.1739	14.7668	168.522	6.66653
Femeninos	12	39.5	14.9271	153.0	3.54196

La prueba realizada fue de tipo subjetiva para determinar los parámetros ergonómicos presentes en la conducción, como la postura del conductor y la posición en la que sujeta el volante, para ello se les solicito que adoptarán una postura natural y cómoda, una vez establecida la postura con estos dos parámetros se determinan los ángulos tanto del hombro como del codo los mismos que el conductor adopta durante la conducción del vehículo, estos ángulos fueron medidos utilizando un goniómetro mostrado en la figura 43, el cual es un instrumento en forma de semicírculo utilizado para medir ángulos entre dos objetos.

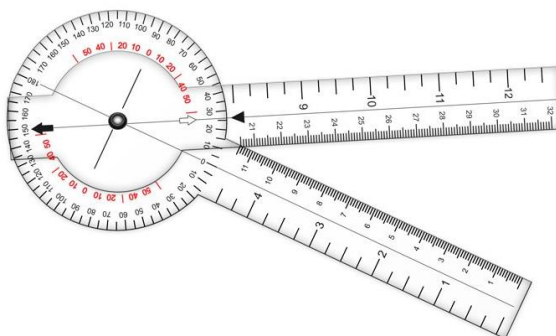


Figura 43.- Goniómetro

Una vez finalizado la toma de medidas, se procedió a realizar una prueba de manejo con el objetivo de que el participante interactúe con el dispositivo y proceda al cambio de marchas, para

ello se colocó a cada participante un inmovilizador de brazo como se muestra en la figura 44, simulando de esta manera una discapacidad en el brazo derecho. Previo a cada prueba de manejo se indicó a cada participante la forma correcta de uso del dispositivo.



Figura 44.- Inmovilizador para brazo



Figura 45.- Prueba de manejo

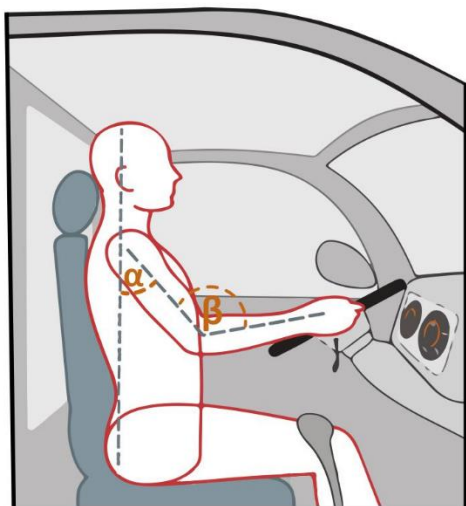
Al finalizar la prueba de manejo, se realizó una encuesta la cual muestra la figura 46, para determinar el grado de aceptación por parte del participante hacia el dispositivo, para ello se evaluó el grado de complejidad para su manipulación y uso, capacidad para ser adaptado en el vehículo, el nivel de confort que brinda durante la conducción y el grado de satisfacción tras su uso, estableciendo una escala de 5 puntos, siendo 1 “muy fácil” y 5 “muy difícil”. A continuación, se indica el material entregado a cada participante.

Datos del participante

Nombre:			
Edad:	años	Estatura:	cm

Marque en la casilla seleccionada

X

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre		Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β				
								1 Muy Facil	
Erguido		Superior				5 Muy dificil			
						Pentadigital		Escala de Adaptabilidad	
Inclinacion frontal		Media				1 Muy Facil			
								2 Facil	
Inclinación posterior		Inferior				Palmar cilindrica		3 Normal	
								4 Dificil	
						Cilindrica		5 Muy dificil	
								Escala de Comodidad	
								1 Muy comodo	
								2 Comodo	
								3 Normal	
								4 Incomdo	
								5 Muy incomdo	
								Escala de Satisfacción	
								Cumple	
								1 Satisfactoriamente	
								2 Cumple regular	
								3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Figura 46.- Formato encuesta

A continuación, se muestra el desarrollo para cada prueba por parte de los participantes, inicialmente se solicitó que adopten una postura natural y cómoda para conducir, la misma que usan a diario, esto incluye regular la distancia del asiento con los pedales, la inclinación del espaldar y la altura del volante.



Figura 47.- Postura para la conducción

Una vez adoptada la postura, se solicitó sujetar el volante en la posición de su preferencia.



Figura 48.- Ubicación de la mano en el volante

A continuación, se realizó la medición de los ángulos del hombro y codo que esta postura determina, para lo cual se utilizó como herramienta de medición el goniómetro.



Figura 49.- Medición ángulos del hombro y codo

Tras realizar la medición de los ángulos se solicitó al participante, sujetar el mando de control de tal manera que pueda operar todos los mandos sin dificultad.



Figura 50.- Sujetar mando de control

Finalmente se realizó la prueba de manejo, dentro de la cual el participante realizaba el cambio de marchas del vehículo a través del mando de control instalado en el volante, todo esto lo realizo sin el uso del brazo derecho. Al concluir la prueba de manejo, se realizó la encuesta, para obtener datos para la validación del dispositivo.

Rediseño

A través de la aplicación de una encuesta a los conductores se obtuvieron datos relevantes, que indican el nivel de aceptación que cuenta el prototipo, y sugerencias de mejoras, las mejoras consisten en una mejora visual de los botones, esto se logró por medio de colores y texturas, permitiendo que se identifiquen los comandos de una manera más rápida, eficaz y automática. Gracias a esta mejora el conductor puede reaccionar o realizar una maniobra de conducción con mayor facilidad y rapidez.

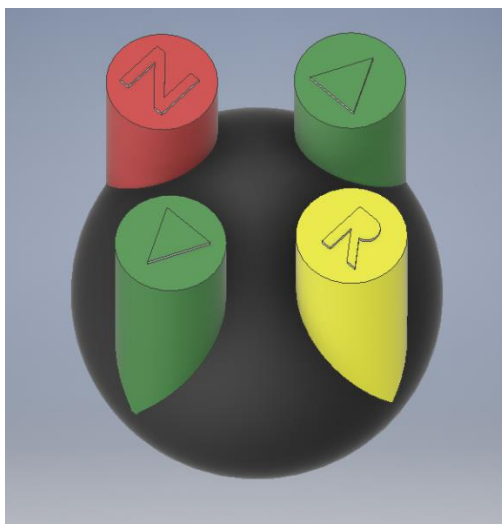


Figura 51.- Rediseño mando de control

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el software STATGRAPHICS Centurion XVI. Al conjunto de resultados se le aplicó la técnica de análisis de varianza ANOVA MULTIFACTORIAL, la cual constituye una herramienta para comprender si entre una variable numérica continua, llamada variable de respuesta y ciertas variables categóricas llamadas factores existe o no relación. Esta técnica fue desarrollada por Fisher en el año 1930, constituye un test estadístico que se emplea cuando se desea comprar las medias de dos o más grupos.

Este procedimiento realiza un análisis de varianza de varios factores para la variable de respuesta. Se ejecutan varias pruebas para determinar qué factores tienen un efecto significativo sobre la variable dependiente, al existir una mayor cantidad de factores el ANOVA MULTIFACTORIAL permite evaluar la significancia de las interacciones entre ellos y determinar cuáles medias son significativamente diferentes a otras, gracias al uso de este software y el ANOVA como herramienta de análisis estadístico se cuenta con un 95% de confianza en los resultados.

Para este análisis se realizó la validación de los parámetros que intervienen para que el conductor adopte una postura al conducir; estos son edad, sexo, estatura. Una vez establecida la postura el siguiente parámetro a analizar es la posición de la mano en el volante, y con ello la forma en que manipula en mando de control para el cambio de marchas. Finalizado el análisis ergonómico se procede al análisis del grado de aceptación por parte del participante hacia el dispositivo.

Resultados

Posturas al conducir

Como resultado obtenido del análisis ergonómico en relación a la postura adoptada por el conductor se obtuvieron los siguientes datos. La tabla 15, indica las posturas más comunes que adoptan las personas que conducen un vehículo.

Tabla 15.- Posturas al conducir

Postura	
	Erguido
	Inclinación frontal
	Inclinación posterior

En la tabla 16, se puede evidenciar que la postura predominante es “erguida”, la cual forma un ángulo de 90 grados entre las piernas y la espalda del conductor.

Tabla 16.- Resultados encuesta posturas

Postura		
Erguido	Inclinación frontal	Inclinación posterior
20	0	15

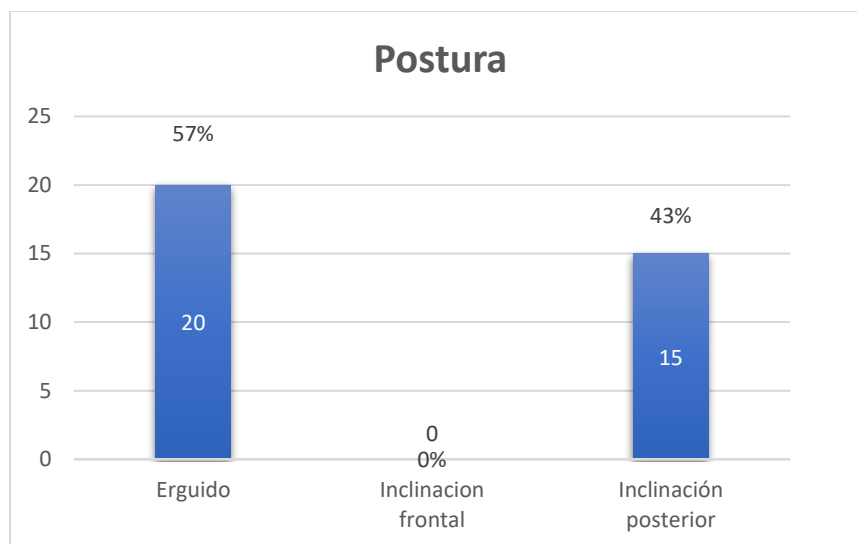


Figura 52.- Grafica Resultado posturas

Como se puede observar en la figura 52 el 57% de los participantes adoptan una postura Erguida para conducir, con esto se pudo determinar que la espalda se encuentra correctamente apoyada sobre el espaldar, permitiendo un adecuado alcance al volante, de tal manera que se evita la fatiga y el estiramiento excesivo de los brazos. Esta postura permite determinar un ángulo a nivel del codo y hombro para evitar lesiones en los miembros.

Relación entre la postura para conducir y la posición de la mano en el volante.

Tabla 17.- Posición de la mano en el volante

Posición de la mano en el volante	
	Superior
	Media
	Inferior

La tabla 17, permite conocer la posición de la mano para agarrar el volante que tienen las personas de la muestra seleccionada al momento de conducir un vehículo.

Tabla 18.- Relación Postura-Posición de la mano en el volante

Erguido	Superior	4
	Media	14
	Inferior	2
Inclinación Posterior	Superior	4
	Media	10
	Inferior	1

Según la tabla 18 y el gráfico 53, se puede evidenciar que la posición predominante de la mano en el volante es en la mitad. Esto permite tener mayor control al momento de realizar maniobras, sin soltar el volante; además facilita el retorno del volante a la posición inicial. Una ventaja de este tipo de agarre, es que permite que las maniobras de conducción se puedan realizar a altas, medias y bajas velocidades.

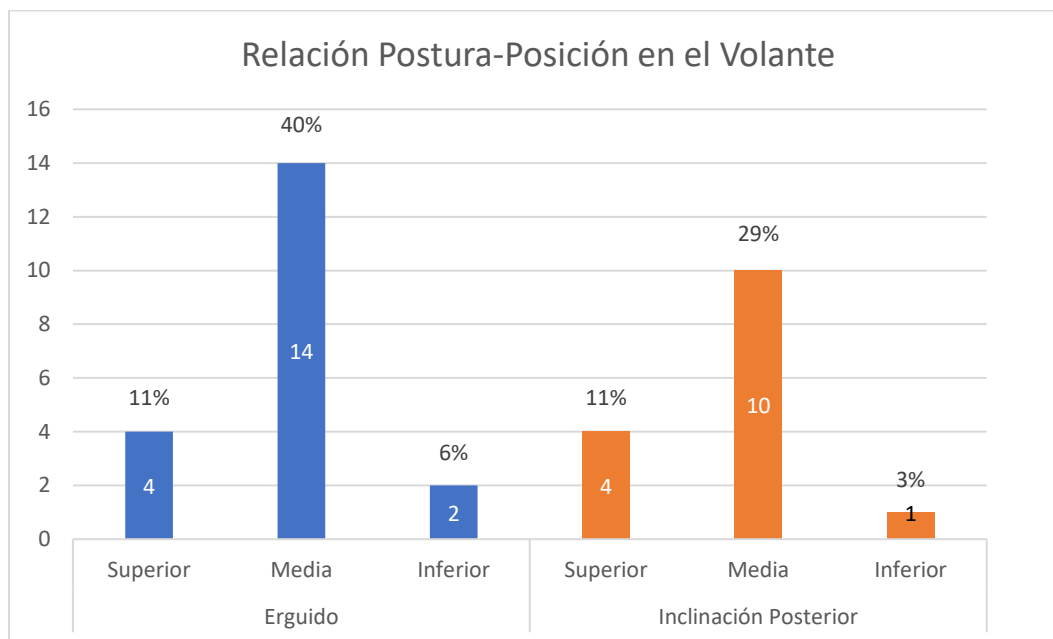


Figura 53.- Grafica Resultados Relación Postura-Posición de la mano en el volante

Relación entre la postura, posición de agarre en el volante y el tipo de agarre que existe sobre el mando de control

Finalmente se presenta la relación existente entre la postura, posición de agarre en el volante y el tipo de agarre que existe sobre el mando de control.

Tabla 19.- Tipos de Agarre

Tipo de Agarre	
	Penta Digital
	Palmar Cilíndrica
	Cilíndrica

La tabla 19, indica los tipos de agarre más frecuentes y comunes para una geometría esférica.

Tabla 20.- Relación entre la postura, posición de agarre en el volante y el tipo de agarre

Erguido	Superior	Penta Digital	1
		Palmar Cilíndrica	2
		Cilíndrica	1
	Media	Penta Digital	0
		Palmar Cilíndrica	13
		Cilíndrica	1
	Inferior	Penta Digital	0
		Palmar Cilíndrica	2
		Cilíndrica	0
Inclinación Posterior	Superior	Penta Digital	1
		Palmar Cilíndrica	2
		Cilíndrica	1
	Media	Penta Digital	2
		Palmar Cilíndrica	6

Inferior	Cilíndrica	2
	Penta Digital	1
	Palmar Cilíndrica	0
	Cilíndrica	0

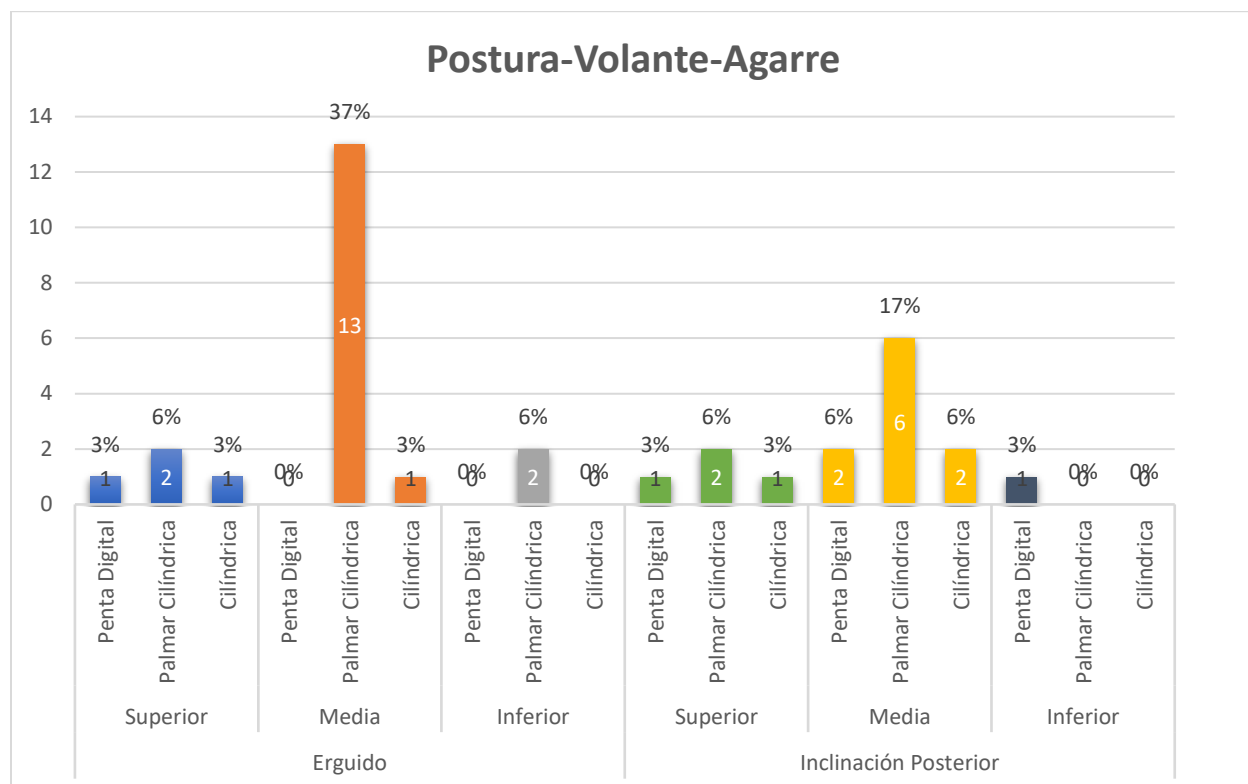


Figura 54.- Grafica Relación entre la postura, posición de agarre en el volante y el tipo de agarre

Según la tabla 20 y la figura 54, se puede verificar que el agarre más frecuente entre los participantes, es palmar cilíndrica, siendo este un tipo de agarre utilizado con frecuencia cuando se sujeta una palanca o un volante; el volante se sujeta entre los dedos flexionados y la palma de la mano, dejando libre al pulgar para que este pueda deslizarse con facilidad y ejecutar otras funciones (presionar los botones de comando).

Análisis Encuesta

A continuación, se detallan los resultados obtenidos por medio de la encuesta para conocer los parámetros de uso, comodidad, adaptación y satisfacción una vez finalizada la prueba de conducción, con esto se puede determinar el grado de aceptación por parte de los participantes hacia el dispositivo.

Tabla 21.- Escala de complejidad de uso

Escala de Complejidad Uso	
1	Muy Fácil
2	Fácil
3	Normal
4	Difícil
5	Muy difícil
Total	

La tabla 21 y figura 55, demuestran que el 54% de los conductores consideran que el uso del dispositivo es fácil, esto se debe a que en el mando de control solo existen cuatro botones ubicados en forma de cruz; esto facilita su entendimiento y uso.

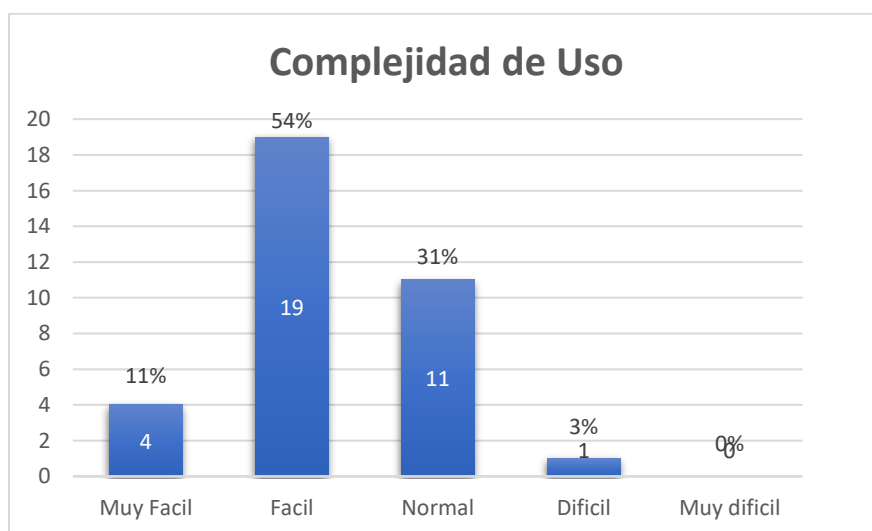


Figura 55.- Grafico complejidad de uso

El siguiente parámetro a evaluar es el nivel de adaptabilidad que tiene el dispositivo para ser colocado en la palanca de cambios.

Tabla 22.-Escala de Adaptabilidad

Escala de Adaptabilidad		
1	Muy Fácil	0
2	Fácil	5
3	Normal	22
4	Difícil	7
5	Muy difícil	1
Total		35

En la tabla 22 y figura 56, se puede comprobar que la percepción que tienen los usuarios, frente a la posible adaptación a realizar en su vehículo para colocar el dispositivo, es normal; esto significa que está en un rango medio debido a que la variable precio/costo influye para su decisión de compra.

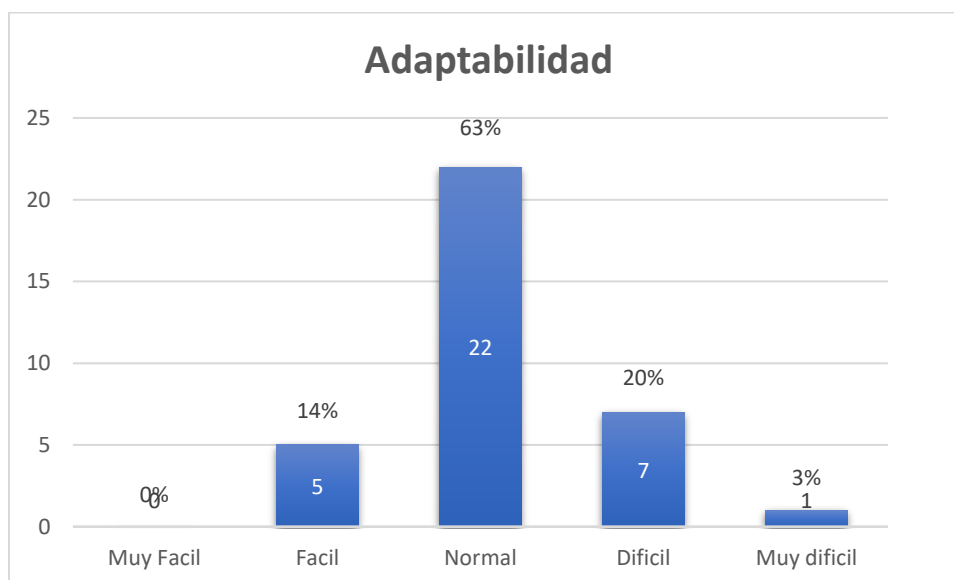


Figura 56.- Escala de Adaptabilidad

Como tercer punto a evaluar, se puede mencionar a la comodidad que tiene el participante al momento de sujetar el volante y realizar el cambio de marcha por medio de los botones en el control de mando.

Tabla 23.- Escala de comodidad

Escala de Comodidad		
1	Muy cómodo	0
2	Cómodo	12
3	Normal	15
4	Incomodo	8
5	Muy incomodo	0
Total		35

En la tabla 23 y figura 57, se puede evidenciar que el grado de comodidad se encuentra parejo, debido a que las personas mencionan que es cómodo y a su vez normal el uso del mismo; esto resultaría beneficioso al momento de comercializar, ya que generaría una ventaja competitiva, puesto que no implica mayor uso o complejidad al momento de realizar maniobras de conducción.

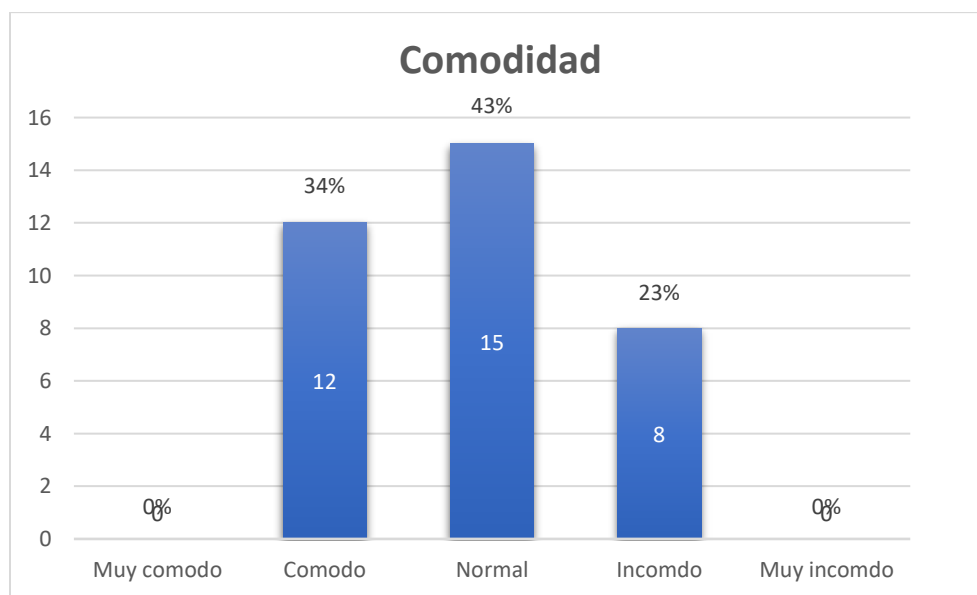


Figura 57.- Escala de comodidad

Para finalizar, se evalúa la satisfacción del posible usuario tras una prueba real de manejo, esto abarca el cumplimiento de expectativas tanto de diseño como funcionalidad del dispositivo.

Tabla 24.- Escala de satisfacción

Escala de Satisfacción		
1	Cumple Satisfactoriamente	23
2	Cumple regular	12
3	No cumple	0
Total		35

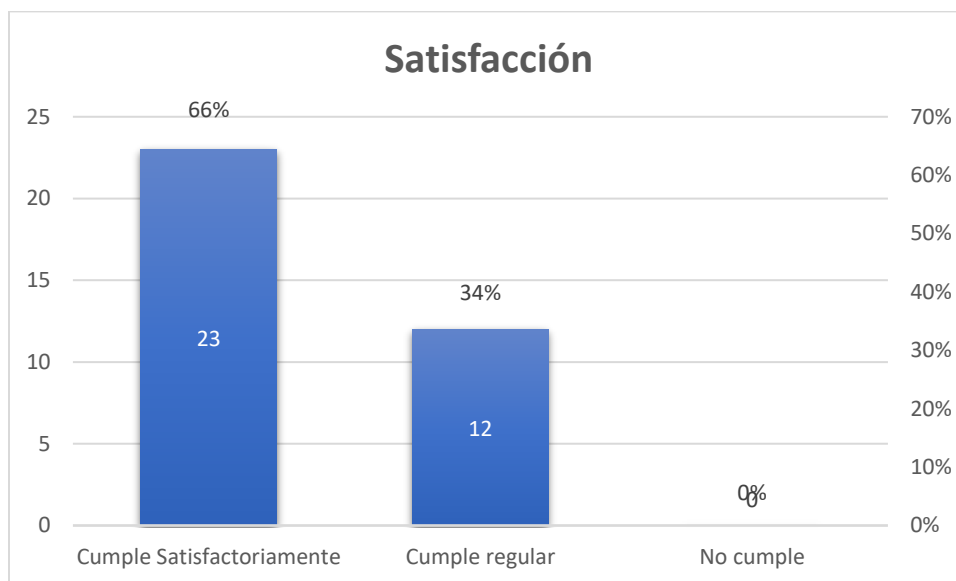


Figura 58.- Escala de satisfacción

Según la tabla 24 y el gráfico 58, se puede evidenciar que la satisfacción por parte del usuario es alta, lo que significa una gran acogida en el mercado para el dispositivo. Esto permitiría que las personas con discapacidad se puedan insertar en el mundo de la conducción, utilizando cualquier tipo de vehículo, sin limitación alguna.

Como conclusión, se puede mencionar que el dispositivo está realizado bajo parámetros de diseño que permiten a cualquier persona con discapacidad en el brazo derecho conducir un vehículo de tracción manual.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a través de la aplicación del método de comparación multivariable ANOVA:

Tabla 25.- ANOVA Multifactorial Tipo de Agarre

Variable Dependiente	Tipo de Agarre
Factores	Postura
	Posición de la mano sobre el volante
Covariables	Edad
	Sexo
	Estatura

Este procedimiento se basa en un análisis de varianza a partir de diversos factores para la variable dependiente (tipo de agarre), a continuación, se presentan varias pruebas y graficas para establecer qué factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el tipo de agarre y se evalúa la significancia de las interacciones entre los mismos (STATGRAPHICS, 2012).

Tabla 26.- Tabla ANOVA Tipo de Agarre

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
COVARIABLES					
Edad	0,114047	1	0,114047	0,35	0,5595
Sexo	0,175545	1	0,175545	0,54	0,4698
Estatura	0,053397	1	0,053397	0,16	0,6892
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Postura	0,239343	1	0,239343	0,73	0,3995
B: Posición de la mano en el volante	0,392324	2	0,196162	0,60	0,5558
RESIDUOS	9,15607	28	0,327003		
TOTAL (CORREGIDO)	10,0	34			

La tabla 26 ANOVA agrupa la variabilidad de Tipo de Agarre en grupos debido a varios factores. Los valores-P determinan la significancia estadística para cada uno de los factores.

Como se puede apreciar ningún valor-P es menor que 0,05, es decir, ninguno posee un efecto estadísticamente significativo sobre el Tipo de Agarre con un 95% de nivel de confianza (STATGRAPHICS, 2012).

Tabla 27.- Tabla de Medias Tipo de Agarre

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
Media global	35	1,88344			
POSTURA					
Erguido	20	1,97014	0,161424	1,63948	2,3008
Inclinación Posterior	15	1,79673	0,179991	1,42803	2,16543
VOLANTE					
Superior	8	1,96802	0,206166	1,5457	2,39033
Media	24	2,03693	0,11925	1,79266	2,2812
Inferior	3	1,64536	0,336683	0,955697	2,33503

La tabla 27 muestra la media de Tipo de Agarre para cada uno de los niveles de los factores, de igual manera indica el error estándar para cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Se muestran los intervalos con un 95% de confianza para cada una de las medias (STATGRAPHICS, 2012).

Tabla 28.- Pruebas de rangos múltiples Tipo de Agarre

Postura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Inclinación posterior	15	1,79673	0,179991	X
Erguido	20	1,97014	0,161424	X

En la tabla 28, se identifica un grupo homogéneo, en relación a la alineación de las X, con lo cual se determina que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles que comparten una X en la misma columna; para realizar esta discriminación entre las medias se utilizó el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, esta aplicación presenta un riesgo del 5% al mencionar que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0 (STATGRAPHICS, 2012).

Tabla 29.- Diferencia de medias Tipo de Agarre

Contraste	Diferencia	+/- Límites
Erguido – Inclinación posterior	0,173409	0,415196

Para la tabla 29 se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para establecer cuáles medias son significativamente distintas de las demás, se presentan las diferencias estimadas entre cada par de medias, donde se puede apreciar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95% de confianza (STATGRAPHICS, 2012).

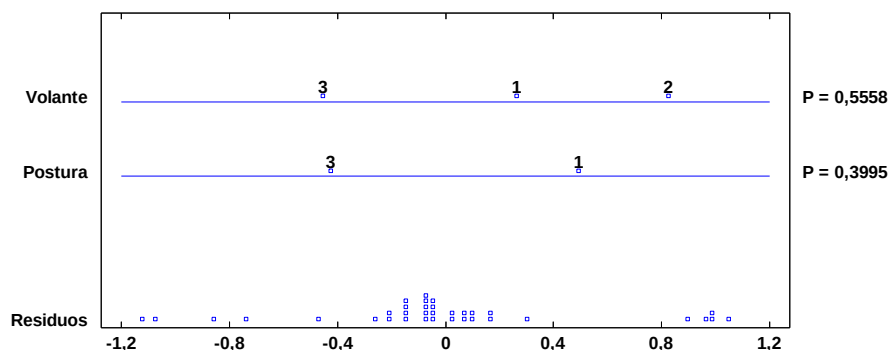


Figura 59.- Grafico ANOVA Tipo de Agarre

La figura 59 presenta detalladamente la jerarquía de cada factor en el análisis, es una ilustración de efectos escalados de cada factor, donde el “efecto” de un factor es igual a la diferencia entre la media de mínimos cuadrados para el nivel del factor y la media total estimada. Cada uno de los efectos es multiplicado por un factor escalador, esto escala los efectos de tal forma que la varianza natural de los puntos en el diagrama es comparable a la de los residuales, los cuales son desplegados debajo de la gráfica (StatPoint, 2006).

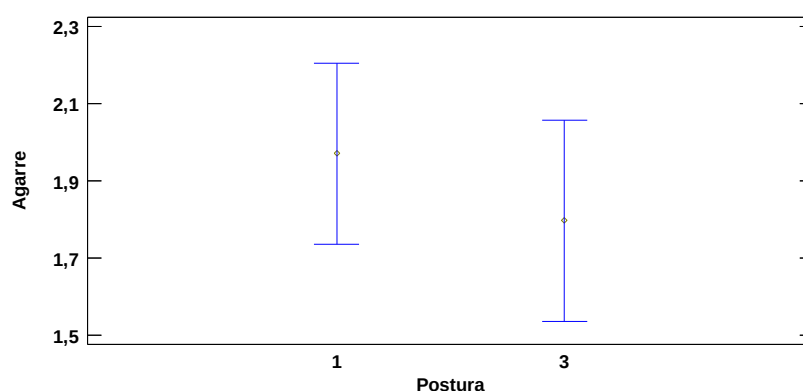


Figura 60.- Grafica de medias Tipo de Agarre

La figura 60 presenta las medias de la variable postura y permite interpretar los efectos significativos para cada una de ellas. Si todos los tamaños de muestra son similares, se puede determinar cuáles medias son significativamente diferentes de las demás, esto se realiza observando si un par de intervalos se traslapan en dirección vertical o no. Un par de intervalos que no se superponen, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel de confianza del 95% (StatPoint, 2006).

A continuación, se presenta el análisis de varianza multifactorial teniendo como variable dependiente el ángulo formado en el hombro.

Tabla 30.- ANOVA Multifactorial Angulo Hombro

Variable Dependiente	Angulo del Hombro
Factores	Postura
	Posición de la mano sobre el volante
	Tipo de Agarre
Covariables	Edad
	Sexo
	Estatura

Una vez adoptada la posición correcta para conducir, se sujeta el volante de una manera similar a la habitual con la que conducen a diario y se sujeta el mando de control de tal manera permita manipular los botones con facilidad, esta relación postura-volante-agarre desplaza el brazo del conductor hacia adelante formando un ángulo por debajo del hombro, determinar este ángulo es de vital importancia debido a que interviene en aspectos de cansancio, fatiga y dolor durante la conducción.

Tabla 31.- Tabla ANOVA Angulo Hombro

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
COVARIABLES					
Edad	84,4955	1	84,4955	1,34	0,2569
Sexo	5,70865	1	5,70865	0,09	0,7656
Estatura	52,0021	1	52,0021	0,83	0,3715
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Postura	106,483	1	106,483	1,69	0,2045
B: Posición de la mano en el volante	1993,43	2	996,713	15,85	0,0000
C: Tipo de Agarre	139,927	2	69,9636	1,11	0,3438
RESIDUOS	1634,62	26	62,8699		
TOTAL (CORREGIDO)	3931,14	34			

La tabla 31 divide la variabilidad de Angulo del Hombro en contribuciones debidas a varios factores. Los valores-P prueban la significancia estadística para cada uno de los factores, debido

a que un valor-P de posición de la mano en el volante es menor que 0,05, es correcto mencionar que este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el ángulo formado debajo del hombro con un 95% de nivel de confianza (STATGRAPHICS, 2012).

Tabla 32.- Tabla de Medias Angulo Hombro

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
Media global	35	37,5689			
POSTURA					
Erguido	20	35,5687	2,68691	30,0456	41,0917
Inclinación Posterior	15	39,5691	2,57258	34,2811	44,8572
VOLANTE					
Superior	8	51,9306	2,88398	46,0025	57,8587
Media	24	34,9321	2,40279	29,9931	39,8712
Inferior	3	25,844	4,79787	15,9818	35,7062
TIPO DE AGARRE					
Penta digital	5	38,6288	3,8432	30,7289	46,5286
Palmar Cilíndrica	25	40,2516	2,48925	35,1348	45,3683
Cilíndrica	5	33,8264	3,9678	25,6704	41,9823

La tabla 32 muestra la media del Angulo Hombro para cada uno de los niveles de los factores, de igual manera indica los errores estándar para cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Se presentan los límites inferior y superior para cada una de las medias con un 95% de confianza (STATGRAPHICS, 2012).

Tabla 33.- Prueba de rangos múltiples Angulo Hombro

Postura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Inclinación posterior	20	35,5687	2,68691	X
Erguido	15	39,5691	2,57258	X

La tabla 33 indica un grupo homogéneo, según la alineación de las X en columna, se puede determinar que no existen diferencias estadísticamente significativas, para realizar la discriminación entre medidas se utilizó la técnica de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, se puede mencionar que la aplicación de esta técnica conlleva un riesgo del 5% al mencionar que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0 (STATGRAPHICS, 2012).

Tabla 34.- Diferencia de medias Angulo Hombro

Contraste	Diferencia	+/- Límites
Erguido – Inclinación posterior	-4,00047	6,31853

En la tabla 34 se utiliza un procedimiento de comparación múltiple para establecer cuáles medias son significativamente distintas de otras, se presentan las diferencias estimadas entre cada par de las mismas. Obteniendo como resultado la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel de confianza del 95% (STATGRAPHICS, 2012).

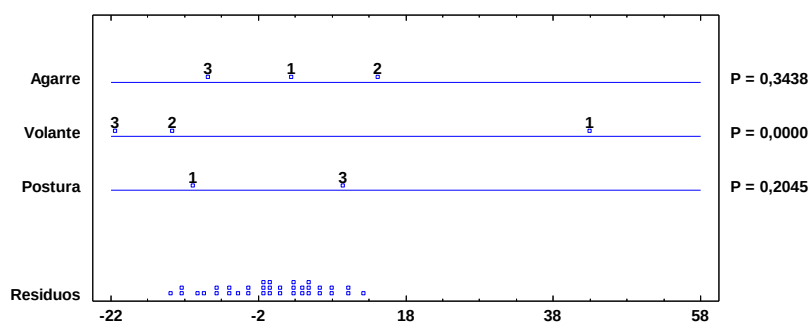


Figura 61.- Grafico ANOVA Angulo Hombro

La figura 61 presenta la importancia para cada factor en el análisis. Es una ilustración de efectos escalados para cada factor, donde el “efecto” de un factor es igual a la diferencia entre la media de mínimos cuadrados para el nivel del factor y la media total estimada. Cada efecto es multiplicado por un factor escalador, escalando los efectos de tal forma que la varianza natural de los puntos en el diagrama es comparable a la de los residuales, los cuales son desplegados debajo de la gráfica (StatPoint, 2006).

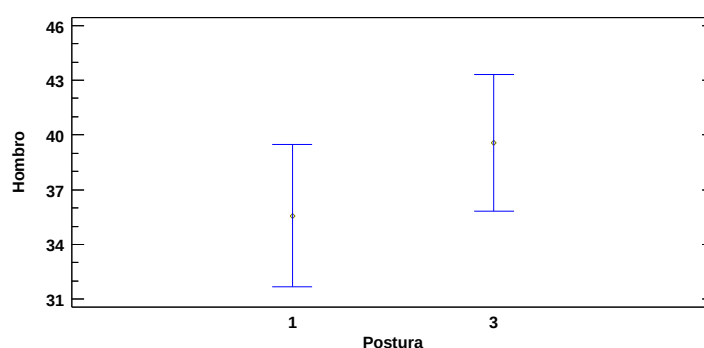


Figura 62.- Grafico de medias Angulo Hombro

La figura 62 presenta las medias de la variable Angulo del Hombro y permite interpretar los efectos significativos de cada una de ellas. Al contar con tamaños similares de muestra se puede determinar cuáles medias son significativamente diferentes de las demás, esto se realiza observando si un par de intervalos se superponen en dirección vertical o no. Un par de intervalos que no se superponen indica una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel de confianza del 95% (StatPoint, 2006).

Finalmente, se presenta el análisis de varianza multifactorial que cuenta como variable dependiente al ángulo formado en el codo.

Tabla 35.- ANOVA Multifactorial Angulo Codo

Variable Dependiente	Angulo del Codo
Factores	Postura
	Posición de la mano sobre el volante
	Tipo de Agarre
Covariables	Edad
	Sexo
	Estatura

De la misma manera que se analizó el ángulo formado debajo del hombro tras adoptar una postura cómoda para conducir, a continuación, se realiza el análisis del ángulo formado en el codo, este ángulo se forma por la flexión y deflexión que existe entre brazo y antebrazo gracias a la cual es posible alcanzar el volante y realizar los movimientos necesarios de una manera correcta.

Tabla 36.- Tabla ANOVA Angulo Codo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
COVARIABLES					
Edad	24,5832	1	24,5832	0,11	0,7471
Sexo	791,615	1	791,615	3,42	0,0758
Estatura	137,196	1	137,196	0,59	0,4483
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Postura	884,678	1	884,678	3,82	0,0614
B: Posición de la mano en el volante	524,212	2	262,106	1,13	0,3377
C: Tipo de Agarre	306,813	2	153,406	0,66	0,5239
RESIDUOS	6018,43	26	231,478		
TOTAL (CORREGIDO)	10226,7	34			

La tabla 36 divide la variabilidad del Angulo en el Codo en contribuciones a raíz de varios factores. Los valores-P muestran la significancia estadística para cada uno de los factores, debido a que ningún valor-P es menor que 0,05, se puede mencionar que ninguno de los factores

tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el Angulo en el Codo con un nivel de confianza del 95% (STATGRAPHICS, 2012).

Tabla 37.- Tabla de Medias Angulo Codo

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
Media global	35	143,302			
POSTURA					
Erguido	20	137,537	5,15568	126,939	148,134
Inclinación Posterior	15	149,068	4,93631	138,921	159,214
VOLANTE					
Superior	8	150,129	5,53382	138,754	161,504
Media	24	140,181	4,61052	130,704	149,658
Inferior	3	139,596	9,20623	120,672	158,52
TIPO DE AGARRE					
Penta Digital	5	149,131	7,3744	133,973	164,289
Palmar Cilíndrica	25	143,235	4,77641	133,417	153,053
Cilíndrica	5	137,54	7,61349	121,891	153,19

En la tabla 37 se muestra la media de Angulo del Codo para cada uno de los niveles de los factores, de igual manera se muestran los errores estándar para cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Se presentan los intervalos para cada una de las medias detallando sus límites inferior y superior con un 95% de confianza (STATGRAPHICS, 2012).

Tabla 38.- Prueba de rangos múltiples Angulo Codo

Postura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Inclinación posterior	20	137,537	5,15568	X
Erguido	15	149,068	4,93631	X

En la tabla 38, se ha determinado un grupo homogéneo, por medio de la alineación de las X y se puede mencionar la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas; para realizar la discriminación entre las medias se utilizó el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, dentro del cual existe un riesgo del 5% al mencionar que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0 (STATGRAPHICS, 2012).

Tabla 39.- Diferencia de medias Angulo Codo

Contraste	Diferencia	+/- Límites
Erguido – Inclinación posterior	-11,5309	12,1241

En la tabla 39 se aplica un procedimiento de comparación múltiple para establecer cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se presentan las discrepancias estimadas entre cada par de medias, y como resultado se obtiene la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel de confianza del 95% (STATGRAPHICS, 2012).

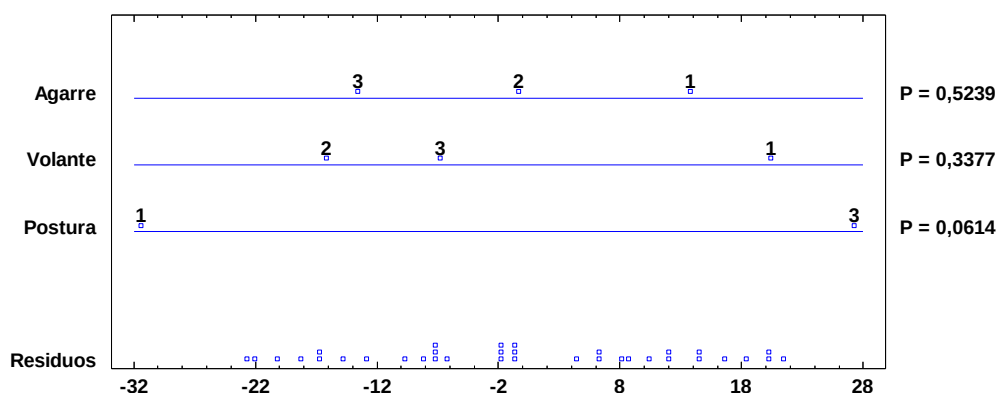


Figura 63.- Grafico ANOVA Angulo Codo

La figura 63 presenta la jerarquía para cada factor en el análisis. Es una ilustración de efectos escalados de cada factor, donde el “efecto” de un factor es igual a la diferencia entre la media de mínimos cuadrados para el nivel del factor y la media total estimada. Cada efecto es multiplicado por un factor escalador, escalando los efectos de tal forma que la varianza natural de los puntos en el diagrama es comparable a la de los residuales, los cuales son desplegados debajo de la gráfica (StatPoint, 2006).

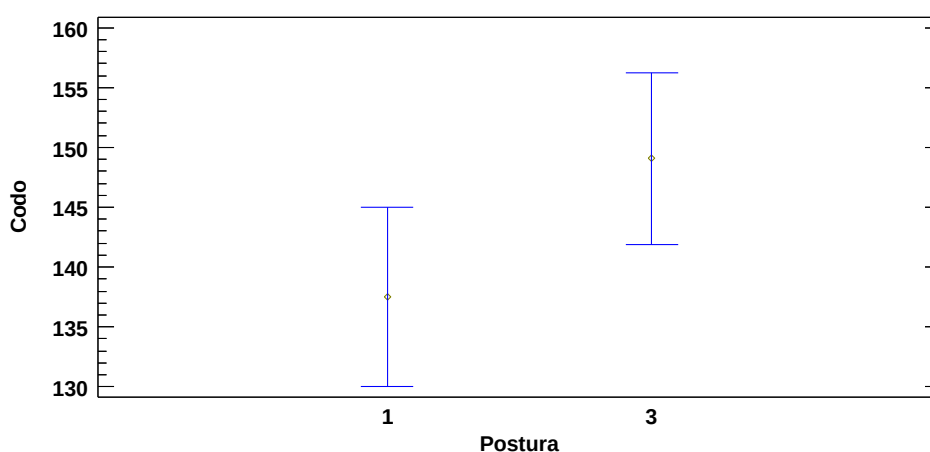


Figura 64.- Grafico de medias Angulo

La figura 64 presenta las medias de la variable Angulo del Codo y permite interpretar los efectos significativos de cada una de ellas. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de las demás es necesario que todos los tamaños de la muestra sean similares, si un par de intervalos se traslapan en dirección vertical, es correcto mencionar la inexistencia de una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un 95% de confianza (StatPoint, 2006).

Discusión de Resultados

En el diseño de un dispositivo adaptable para el cambio de marchas, enfocado a personas que poseen discapacidad del brazo y/o mano derecha es preciso definir los parámetros más influyentes en la postura del conductor a la hora de manejar el vehículo, siendo estos: inclinación de la espalda, ángulo que forma el hombro y el codo al extender la mano para sujetar el volante, posición de la mano y el tipo de agarre en el volante durante la conducción. A través de un estudio realizado en Malasia durante el año 2015, se evaluó la posición para conducir de 100 participantes, identificando 4 principales posturas. La postura erguida es la más adoptada por parte de los conductores (59%), seguida de la inclinación posterior (23%), leve inclinación frontal (15%) y como la menos frecuente la extrema inclinación frontal (3%) (Deros, 2015). Con esta investigación se puede definir que la comodidad en la postura del conductor es un aspecto importante a tener en cuenta durante el diseño de adaptaciones dentro del automóvil, debido a que está relacionada al correcto desempeño y comportamiento del usuario. Como resultados arrojados tras la prueba de manejo, se puede decir que la postura erguida es la que tiene mayor prevalencia por parte de los conductores que formaron parte de la muestra, siendo así que 20 participantes adaptaron esta postura (57%), seguida de la postura inclinación posterior en la cual están inmersos 15 participantes (43%). Luego de la prueba de manejo, los conductores argumentaron que esta posición les permite tener mayor comodidad y facilidad para alcanzar los mandos del vehículo pudiendo realizar todas las maniobras necesarias.

Por medio de un estudio observacional realizado en ruta por Walton y Thomas en el año 2005, se identificó tres posiciones diferentes en las cuales los conductores colocaban sus manos en el volante: a) dos manos en la parte superior, b) una mano en la parte superior, o c) dos manos en la parte inferior, obteniendo que aproximadamente el 25% de los conductores colocaban sus dos manos en la mitad inferior, otro 25% colocaban sus manos en la mitad superior y el 50% utilizaban una sola mano

en la mitad superior del volante (Walton, 2005). La prueba de manejo determinó que 24 personas (69%) sujetan el volante en la posición media, debido a que al conducir con una sola mano la posición media permite girar el volante en su totalidad y regresar a la posición inicial sin tener inconvenientes y sin utilizar exceso de fuerza.

A través de un estudio realizado por Halil Ergen durante el año 2020, se analizó la distribución de carga y áreas de contacto en 4 tipos de agarre siendo estos: estándar, pellizco, empuñadura y trípode. El estudio se realizó con una muestra de 80 personas, los cuales usando un guante con 17 regiones de monitoreo con 349 unidades de detección agarraban los diferentes tipos de objetos mediante los 4 tipos de agarres (Ergen, 2020). Como resultado del estudio se determinó que un agarre estándar con presión palmar cilíndrica al contar con mayor área de contacto distribuye la carga por toda la palma de mano generando un agarre efectivo sobre toda la superficie del objeto, independientemente de su forma, tamaño y textura (Ergen, 2020). Tras la prueba de manejo se observó que 25 participantes (71.4%) sujetan el volante de una forma palmar cilíndrica, debido a que esto les permite sujetar el volante mediante los cuatro dedos y la palma de la mano, generando así confianza y estabilidad al momento de la conducción, el pulgar en libertad permite tener control sobre los botones del mando de control, con lo cual se selecciona las marchas de una forma adecuada y con mayor facilidad.

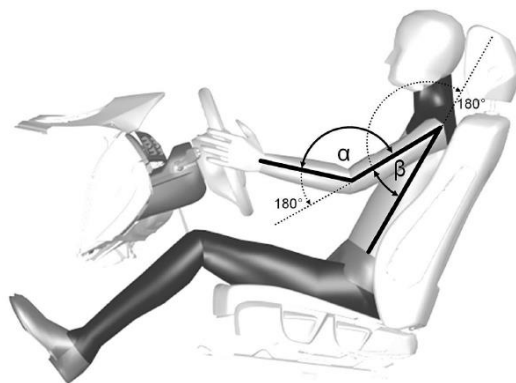


Figura 65.- Ángulos codo y hombro durante la conducción

En la figura 65 se puede evidenciar los ángulos que se forman en el hombro y codo al adoptar una postura para conducir. Los ángulos presentes en la conducción, permiten que la persona que se encuentra al volante tenga la comodidad necesaria y pueda realizar cualquier tipo de maniobras elementales para una correcta conducción, esto se vio reflejado en la prueba de conducción, estableciendo una relación directa entre el confort y el desempeño del conductor.

Los ángulos que forman parte de la conducción fueron estudiados en el año 2002, y se realizó un análisis biomecánico de la postura del conductor en base al diseño ergonómico por Giuseppe Andreoni en Milán-Italia, el objetivo de este trabajo consistió en presentar un método de múltiples factores para el análisis de la postura sentado y las interacciones resultantes del cuerpo del conductor con el asiento y el respaldo (Andreoni, 2002). Como resultado del estudio y de la comparación con varios autores, se pudo observar que el ángulo formado en el hombro oscila entre 9.4 y 40.8 grados y el ángulo en el codo oscila entre 84.8 y 126 grados. Como resultados de la medición a las personas de la muestra y la aplicación del método ANOVA, se pudo obtener que el ángulo en el hombro va entre 30.04 y 41.09 para una posición erguida; y 34.28 y 44.85 para una posición con inclinación posterior, estos límites pueden variar de acuerdo a la posición de la mano sobre el volante. Por otra parte, los valores obtenidos para el ángulo en el codo, van entre 126.93 y 148.13, para una postura erguida y 138.92 y 159.21 para una posición con inclinación posterior, de igual manera estos ángulos pueden ser variables según la posición de la mano en el volante. Con los resultados obtenidos y basados en la literatura, se puede determinar que, si los ángulos en el codo y en el hombro se encuentran dentro de los rangos, se puede disminuir la fatiga y el cansancio muscular que genera la conducción sobre el miembro superior derecho.

Tras la aplicación del análisis multifactorial ANOVA se determinó que el único parámetro que posee un efecto estadísticamente significativo sobre el ángulo formado en el hombro es la

posición de la mano sobre el volante, debido a que a mayor altura de la mano sobre el volante mayor será el ángulo generado en el hombro.

Mediante la encuesta para medir el nivel de complejidad que presenta el dispositivo se pudo determinar que la postura adoptada al momento de conducir depende de varios factores dentro de los cuales se encuentra sexo, edad, estatura, tipo de vehículo y tiempo de manejo. Con el objetivo de disminuir la fatiga generada al conducir por periodos prolongados de tiempo se tomó en consideración parámetros ergonómicos que facilitan las condiciones para una correcta conducción, uno de ellos es la disposición de los botones en el mando de control para el cambio de marchas. El diseño del prototipo se basó en estudios previos los cuales indican que el tipo cruz con tres botones es el modelo que proporciona mejor rendimiento y la más alta calificación psicológica ya que permite una repuesta más rápida por parte del conductor, esto se ve reflejado en la escala de complejidad de uso, indicando que 19 participantes (54%) consideran que el dispositivo es de muy fácil uso y 15 participantes (43%) indican que diseño es cómodo.

El dispositivo se realizó bajo parámetros de diseño para ser adaptable en vehículos de tracción manual tipo sedán, su nivel de adaptación indica que 22 participantes de la muestra (63%) consideran que el dispositivo es adaptable en cualquier automóvil sin necesidad de conocimientos previos en mecánica o herramientas específicas.

Como último parámetro, se puede mencionar la escala de satisfacción, a través de esta, se puede observar la gran acogida del prototipo, 23 participantes de la muestra (66%) indican que el dispositivo cumple satisfactoriamente con su objetivo, permitiendo el cambio de marchas de manera automatizada para personas que poseen discapacidad en el brazo y/o mano derecha.

El dispositivo cumple con las características necesarias para ser colocado en los vehículos y para mejorar las prestaciones que ofrece, se realizó un rediseño con los datos obtenidos después de la

aplicación de las encuestas, las mejoras consisten en una mejora visual de los botones, esto se logró por medio de colores y texturas, permitiendo que se identifiquen los comandos de una manera más rápida, eficaz y automática. Esto permite que las personas puedan reaccionar o realizar una maniobra de conducción con mayor facilidad y rapidez, lo que significaría un gran avance en la inclusión de las personas con discapacidad en el miembro superior en la sociedad.

En conclusión, se puede determinar que el estudio ergonómico para la conducción por parte de una persona con discapacidad es sumamente importante debido a que un conductor con condiciones diferentes, tiene restricciones en su movilidad; la implementación de este dispositivo permitirá que personas con discapacidad en el brazo derecho tengan la opción de conducir un vehículo de tracción manual sin impedimentos, de tal manera que este dispositivo generará confianza y seguridad al momento de la conducción.

Conclusiones

- Contar con una base de datos antropométricos de la población ecuatoriana, es fundamental para el diseño ergonómico de productos automotrices, debido a que una correcta postura garantiza una conducción adecuada, disminuyendo el nivel de riesgo en la conducción.
- En el Ecuador, las modificaciones realizadas en vehículos, se las realiza de forma artesanal y no controlada; es decir, no existe ninguna norma vigente que controle o supervise los cambios o alteraciones que se realizan dentro del vehículo.
- En la actualidad, acceder a un carnet de discapacidad que otorga el CONADIS tiene una serie de impedimentos y trabas, ya que, para poder acceder al descuento de vehículo, la persona con discapacidad debe tener como mínimo un porcentaje del 30%, y una deficiencia del 100% en su extremidad superior representa tan solo el 25% de discapacidad, dejándolo así fuera de este beneficio.
- Tras el análisis de la literatura y las encuestas, se determinó que las personas con discapacidad utilizan el vehículo únicamente con fines personales, es decir manejan las distancias estrictamente necesarias, ya que esto implica un riesgo.
- El dispositivo permite que la postura adoptada para la conducción, sea la posición erguida, de tal manera que el conductor tenga una completa visibilidad del camino, así como también un correcto alcance para la manipulación de todos los mandos de control del vehículo.
- El conducir con una sola mano, implica que todos los mandos de control necesarios, estén presentes en el volante, con el objetivo de no levantar la mano en ningún momento de la

conducción, con esto se evita la liberación del volante y se disminuyen los riesgos propios de la conducción.

- El dispositivo permite que las personas con discapacidad en el brazo y/o mano derecha tengan acceso a la movilización propia, de tal manera que ayuda a que se los visualice como parte de la comunidad de conductores.
- Para adaptar el dispositivo en otro segmento de vehículos, es necesario realizar un nuevo diseño del recorrido de la palanca de cambios, debido a que existen diferentes configuraciones, todo influye o cambia de acuerdo al fabricante.
- En la actualidad, las personas con discapacidad tienen un acceso limitado a su movilización, de tal manera que la creación del dispositivo colaboraría y sería un gran paso para la inclusión y sobre todo para que las personas con limitaciones, puedan sentirse autosuficiente en temas de conducción, esto incrementará considerablemente la demanda por parte de los usuarios.
- Los motores paso a paso, presentan buenas características en relación al torque, su limitante se relaciona cuando se requieren aumentar la velocidad considerablemente.
- Los motores paso a paso demandan grandes cantidades de corriente, obligando así a utilizar drivers adicionales para evitar que se queme el microcontrolador.
- Para poder instalar el dispositivo, es necesario retirar el forro de la palanca de cambios, esto permite adaptar de forma directa el diseño a la palanca, brindando así mayor firmeza y seguridad en el movimiento.
- La inserción de los comandos de control, no alteran las demás funciones presentes en el volante o en las características propias del vehículo.

Recomendaciones

- Realizar pruebas de manejo con usuarios que presenten discapacidad en brazo y/o mano derecha, ya que en este estudio solo se simuló la discapacidad.
- Realizar pruebas de conexión para realizar el mando a distancia, eliminando la conexión por cable.
- Crear una norma que garantice, controle y verifique que los cambios y/o alteraciones que se realizan a un vehículo cuenten con parámetros de calidad y confort, precautelando la salud, seguridad e integridad de los conductores y pasajeros.
- Solicitar al CONADIS una revisión de los parámetros de calificación para acceder al carnet de discapacidad, esto permitirá que más personas puedan acceder al beneficio otorgado por el estado.
- Solicitar que las casas comerciales automotrices, cuenten con las especificaciones técnicas para el desplazamiento de la palanca de cambios, así como también de la fuerza necesaria para poder desplazarla.
- Estandarizar las medias y recorridos de las palancas de cambio, esto permitirá diseñar dispositivos con diseño universal.
- La programación puede ser realizada en otro lenguaje de programación, con lo cual se podría utilizar un microcontrolador específico, de tal manera que se reduce el tamaño y se abarata el costo de fabricación.
- La base podría ser fabricada mediante nuevas técnicas de manufactura, como la impresión 3D, esto permitirá realizar diseños personalizados a la medida de cada uno de los vehículos.

- Se podría reemplazar los motores, paso a paso por motores que se presenten mejores propiedades mecánicas.
- Se puede estudiar la discapacidad de la persona, para tener una relación más exacta y a profundidad de las necesidades que debe tener el dispositivo, en este caso se pueden aumentar las ventajas del mismo, ya que la programación puede variar o adaptarse a los diferentes requerimientos.
- Se recomienda realizar un rediseño para optimizar el tamaño del dispositivo, con el objetivo de reducir el espacio necesario dentro del vehículo evitando obstaculizar u obstruir el uso o manipulación de cualquier otro mando del vehículo.

Bibliografía

- AEADE Asociación de empresas automotrices del Ecuador (2020). *Sector Automotor en cifras marzo 2020*. Quito, Ecuador
- AENOR. (2017). *Productos de apoyo para personas con discapacidad Norma ISO 9999*. Madrid, España
- Andreoni, G., Santambrogio, G. C., Rabuffetti, M., & Pedotti, A. (2002). *Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers*. *Applied Ergonomics*, 33(6), 511–522.
[https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(02\)00069-8](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(02)00069-8)
- APAMEX. (2016). *Catálogo de productos para la adaptación de puestos de trabajo de personas con discapacidad*. Badajoz, México
- Asamblea Nacional República del Ecuador (2012). *Ley Orgánica de Discapacidades*. Quito, Ecuador.
- Brown, T. (2008). *Design Thinking - Design Básico*. *Harvard Business Review*, 1–10.
www.hbr.org
- Burns, N. & Grove, S. (2004). *Investigación en enfermería*. p (31). Madrid - España
- CONADIS. (2020) *Estadísticas de discapacidad*. Versión digital
<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- De Viaene, J., Derammelaere, S., & Stockman, K. (2018). *Load angle estimation for dynamic stepping motor motion applications*. *Mechatronics*, 53(July 2018), 229–240.
<https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.06.017>

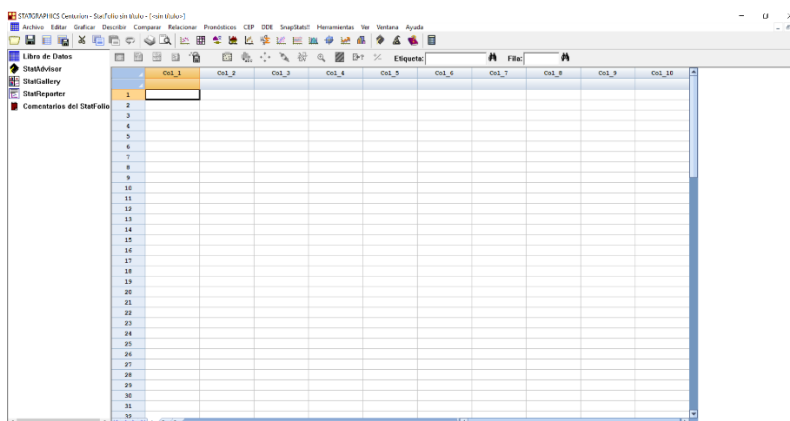
- Deros, B. M., Hassan, N. H. H., Daruis, D. D. I., & Tamrin, S. B. M. (2015). Incorporating Malaysian's Population Anthropometry Data in the Design of an Ergonomic Driver's Seat. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2753–2760.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.388>
- Dols, J. (2016). *Adaptaciones y ayudas técnicas en los vehículos. Sistema de clasificación de adaptaciones*. Valencia, España
- Dols, J. F. (2016). *Joystick controlled cars for drivers with reduced mobility*. July 2015.
- Dols, J. F. (2018). *La evaluación funcional de conductores con movilidad reducida. el uso de herramientas experimentales*. Valencia, España.
- Dols, J., & Mirabet, E. (2008). Análisis experimental de los rangos de movilidad articular y fuerza muscular requerida para la conducción de vehículos automóviles. *Securitas Vialis*, 1(1), 17–26. <https://doi.org/10.1007/s12615-008-9003-z>
- Eixerés, B., Masiá, J. (2000). *Interferencia de las adaptaciones de conducción para discapacitados en la seguridad pasiva*. Valencia, España.
- Eksioglu, M., & Kizilaslan, K. (2008). Steering-wheel grip force characteristics of drivers as a function of gender, speed, and road condition. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(3–4), 354–361. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.01.004>
- El Universo (2018). *¿Auto mecánico o automático? ¿Cuál es la mejor opción?* Versión digital
<https://www.eluniverso.com/tendencias/2018/05/11/nota/6753516/mecanico-o-automatico>

- Ergen, H. I., & Oksuz, C. (2020). Evaluation of Load Distributions and Contact Areas in 4 Common Grip Types Used in Daily Living Activities. *Journal of Hand Surgery*, 45(3), 251.e1-251.e8. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2019.06.006>
- Ferrandis, X., Zafra, J. M., & Dols, J. (2000). *Design and development of an electronic control system for a driving simulator | Diseno y desarrollo de un sistema electronico de control para un simulador de conduccion. Informacion Tecnologica*, 11(3), 159–166.
- Garabal, J., Gonzales, S. (2019). *Conducir desde la Diversidad Potenciando la autonomía en la comunidad*. Coruña, España.
- García P, D. (2010). *¿Puedo conducir un automóvil, doctor? Evaluación para el manejo de automóviles en personas con discapacidad y su importancia en la rehabilitación. Revista Médica de Chile*, 138(2), 243–250. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872010000200015>
- Gulati, U., Ishaan, & Dass, R. (2020). *Intelligent Car with Voice Assistance and Obstacle Detector to Aid the Disabled. Procedia Computer Science*, 167(2019), 1732–1738. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.383>
- Inpenor, (2014). *La discapacidad en la conducción de vehículos*. Versión digital <http://www.inpenor.com/2014/04/16/la-discapacidad-en-la-conduccion-de-vehiculos/>
- Jonsson, B. (2011). Hand position on steering wheel during driving. *Traffic Injury Prevention*, 12(2), 187–190. <https://doi.org/10.1080/15389588.2010.533722>
- Kapandji, A. (2006). *Fisiología Articular Esquemas Comentados de Mecánica Humana*. Tomo 1, Editorial Panamericana, Madrid, España
- Keppel, G. (1991). *Design and analysis: A researcher's handbook* (3rd ed.). Prentice-Hall, Inc.

- Mas, D., J. (2020). *Evaluación del riesgo por las fuerzas ejercidas en el puesto de trabajo o en la utilización de máquinas mediante la norma EN 1005-3*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [consulta 15-07-2020]. Disponible <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fuerzas/fuerza-maxima-ayuda.php>
- Maya, S. R. De. (2015). *Metodología del Diseño Experimental*. January 2013.
- Ministerio de Salud Pública (2018). *Calificación de la discapacidad*. Quito, Ecuador
- Monacelli, E., Dupin, F., Dumas, C., & Wagstaff, P. (2009). *A review of the current situation and some future developments to aid disabled and senior drivers in France*. *Irbm*, 30(5–6), 234–239. <https://doi.org/10.1016/j.irbm.2009.09.004>
- Mossey, M. E., Xi, Y., McConomy, S. K., Brooks, J. O., Rosopa, P. J., & Venhovens, P. J. (2014). *Evaluation of four steering wheels to determine driver hand placement in a static environment*. *Applied Ergonomics*, 45(4), 1187–1195. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.02.008>
- Murata, A., & Moriwaka, M. (2005). *Ergonomics of steering wheel mounted switch-how number and arrangement of steering wheel mounted switches interactively affects performance*. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(11), 1011–1020. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.04.004>
- Nishina, K., Yasui, M., Nagata, M., & Ishii, N. (2004). *Structural analysis of steering wheel grip comfort by semantic differential method*. *Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 1, 306–313. <https://doi.org/10.1109/icsmc.2004.1398315>

- Organización Mundial de la Salud (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF): OMS y MTAS*. Santander, España: OMS.
- Peters, B. (2001). Adaptation Evaluation. *IATSS Research*, 25(1), 51–60.
[https://doi.org/10.1016/s0386-1112\(14\)60006-6](https://doi.org/10.1016/s0386-1112(14)60006-6)
- Ruiz, J. (2000). *La Seguridad Vial y las Personas de Movilidad Reducida*. 1–36.
- Schmidt, S., Seiberl, W., & Schwirtz, A. (2015). Influence of different shoulder-elbow configurations on steering precision and steering velocity in automotive context. *Applied Ergonomics*, 46(Part A), 176–183. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.07.017>
- Segovia, J. Alamilla, M. Domínguez, J. (2007). Robot cartesiano seguimiento de trayectorias irregulares arbitrarias mediante computadora. Tesis de Grado. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- STATGRAPHICS (16.1.18) [Software] (2012). StatPoint Technologies
- STATPOINT, (2006). “*Anova Multifactorial (Statgraphics)*,” *Control*, pp. 1–14, 2007.
- Torrente, O. (2013). *ARDUINO Curso Práctico de formación*. Madrid, España.
- Toyocosta (2017). *Movilidad para todos*. Ecuador. Versión digital
<https://www.toyocosta.com/exonerados/gama>
- Walton, D., & Thomas, J. A. (2005). *Naturalistic observations of driver hand positions*. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(3), 229–238.
<https://doi.org/10.1016/j.trf.2005.04.010>

Anexos



Anexo 1.- StatGraphics CENTURION

final_2_motores_ambos_lados Arduino 1.8.13 (Windows Store 1.8.42.0)

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```

final_2_motores_ambos_lados $
// defines pins numbers
const int stepPin1 = 9;
const int dirPin1 = 8;
const int stepPin2 = 12;
const int dirPin2 = 11;

int estado;
boolean complemento=false;
int pulsador1 = 4;
int pulsador2 = 5;
int pulsador3 = 6;
int pulsador4 = 7;
int estado1;
int complemento1 =false;

void setup() {
  pinMode(stepPin1,OUTPUT);
  pinMode(dirPin1,OUTPUT);
  pinMode(stepPin2,OUTPUT);
  pinMode(dirPin2,OUTPUT);
  pinMode (pulsador1, INPUT);
  pinMode (pulsador2, INPUT);
  pinMode (pulsador3, INPUT);
  pinMode (pulsador4, INPUT);
}

void loop() {
  if (digitalRead (pulsador)==HIGH){
    estado=1;
  }
  if (estado==HIGH && digitalRead (pulsador)==LOW){
    complemento=!complemento;
  }
}

```

Anexo 2.- Código Arduino

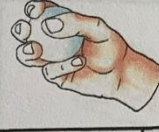
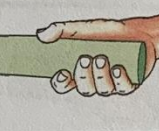


Anexo 3.- Participante masculino realizando la prueba de manejo



Anexo 4.- Participante femenina realizando la prueba de manejo

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: Adriano Cabezas			X	
Edad: 55 años Estatura: 168 cm				

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre		Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β				
				44	155			1 Muy Facil	X
Erguido		Superior	X			Pentadigital	X	2 Facil	
								3 Normal	
Inclinacion frontal		Media				Palmar cilindrica		4 Dificil	
								5 Muy dificil	X
Inclinación posterior	X	Inferior				Cilindrica		1 Muy comodo	

Sugerencias/Recomendaciones:

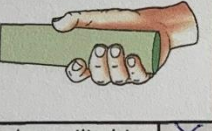
Escala de Adaptabilidad	
1 Muy Facil	
2 Facil	
3 Normal	
4 Dificil	
5 Muy dificil	X

Escala de Comodidad	
1 Muy comodo	
2 Comodo	
3 Normal	X
4 Incomodo	
5 Muy incomodo	

Escala de Satisfacción	
Cumple	X
1 Satisfactoriamente	
2 Cumple regular	
3 No cumple	

Anexo 5.- Resultados encuesta participante 1

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Andrés Orozco</u>			☒	
Edad: <u>18</u> años Estatura: <u>167</u> cm				

Postura al conducir		Posición Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β			
				<u>34</u>	<u>140</u>		1 Muy Facil	
Erguido	Superior						2 Facil	☒
							3 Normal	
							4 Dificil	
Inclinación frontal	Media						5 Muy dificil	
							Escala de Adaptabilidad	
Inclinación posterior	Inferior						1 Muy Facil	
							2 Facil	☒
							3 Normal	
							4 Dificil	
							5 Muy dificil	
							Escala de Comodidad	
							1 Muy comodo	
							2 Comodo	
							3 Normal	☒
							4 Incomodo	
							5 Muy incomodo	
							Escala de Satisfacción	
							1 Satisfactoriamente	☒
							2 Cumple regular	
						3 No cumple		

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 6.- Resultados encuesta participante 2

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Byron Cardenas</u>			X	
Edad: <u>54</u> años	Estatura: <u>168</u> cm			

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β			
				<u>37</u>	<u>138</u>		1 Muy Facil	
Erguido	X	Superior					2 Facil	
							3 Normal	X
Inclinacion frontal		Media	X				4 Dificil	
							5 Muy dificil	
Inclinación posterior		Inferior					1 Muy comodo	
							Escala de Adaptabilidad	
							2 Facil	X
							3 Normal	
							4 Dificil	
							Escala de Comodidad	
							5 Muy incomdo	
							1 Muy comodo	
							2 Comodo	
							Escala de Satisfacción	
							3 Normal	X
							4 Incomodo	
							5 Muy incomdo	
Sugerencias/Recomendaciones:							Escala de Satisfacción	
							1 Satisfactoriamente	X
							2 Cumple regular	
							3 No cumple	

Anexo 7.- Resultados encuesta participante 3

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Carlos Caicedo</u>			☒	
Edad: <u>35</u> años Estatura: <u>175</u> cm				

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre		Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β				
 Erguido		 Superior		76	114	 Pentadigital		1 Muy Facil	
 Inclinacion frontal		 Media				 Palmar cilindrica		2 Facil	☒
 Inclinación posterior		 Inferior				 Cilindrica		3 Normal	☒
								4 Dificil	
								5 Muy dificil	
						Escala de Adaptabilidad			
						1 Muy Facil			
						2 Facil			
						3 Normal			
						4 Dificil			
						5 Muy dificil			
						Escala de Comodidad			
						1 Muy comodo			
						2 Comodo			
						3 Normal			
						4 Incomodo			
						5 Muy incomdo			
						Escala de Satisfacción			
						Cumple			
						1 Satisfactoriamente			
						2 Cumple regular			
						3 No cumple			

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 8.- Resultados encuesta participante 4

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: Carlos Villalobos			X	
Edad: 24 años Estatura: 1.84 cm				

Postura al conducir		Posición Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre		Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β				
				40	160			1 Muy Facil	X
Erguido		Superior				Pentadigital	X	2 Facil	
								3 Normal	
Inclinación frontal		Media	X			Palmar cilíndrica		4 Dificil	
								5 Muy dificil	
Inclinación posterior	X	Inferior				Cilíndrica		Escala de Comodidad	
								1 Muy comodo	
								2 Comodo	X
								3 Normal	
								4 Incomodo	
								5 Muy incomdo	
								Escala de Satisfacción	
								Cumple	X
								1 Satisfactoriamente	
								2 Cumple regular	
								3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 9.- Resultados encuesta participante 5

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Daniel Molina</u>			☒	
Edad: <u>35</u> años	Estatura: <u>165</u> cm			

Postura al conducir		Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad			
			Hombro α	Codo β					
	☒		<u>34</u>	<u>138</u>		1 Muy Facil			
Erguido		Superior			Pentadigital	2 Facil	☒		
					3 Normal				
Inclinacion frontal		Media			4 Dificil				
					Palmar cilindrica	5 Muy dificil			
Inclinación posterior		Inferior				Escala de Comodidad			
						1 Muy comodo			
						2 Comodo			
						3 Normal	☒		
						4 Incomodo			
						5 Muy incomdo			
Sugerencias/Recomendaciones:						Escala de Satisfacción			
						Cilindrica		Cumple	☒
								1 Satisfactoriamente	
								2 Cumple regular	
						3 No cumple			

Anexo 10.- Resultados encuesta participante 6

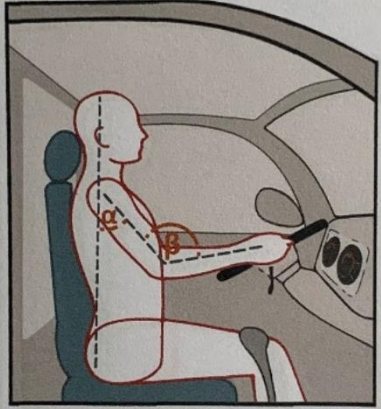
Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: David Orozco			X	
Edad: 18 años Estatura: 172 cm				

Postura al conducir	Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad
		Hombro α	Codo β		
		20	136		1 Muy Facil X 2 Facil 3 Normal 4 Dificil 5 Muy dificil
Erguido X	Superior			Pentadigital	Escala de Adaptabilidad 1 Muy Facil 2 Facil 3 Normal X 4 Dificil 5 Muy dificil
Inclinacion frontal	Media			Palmar cilindrica X	Escala de Comodidad 1 Muy comodo 2 Comodo 3 Normal X 4 Incomodo 5 Muy incomdo
Inclinación posterior	Inferior X			Cilindrica	Escala de Satisfacción 1 Satisfactoriamente X 2 Cumple regular 3 No cumple

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 11.- Resultados encuesta participante 7

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Diego Cardenas</u>			X	
Edad: <u>18</u> años	Estatura: <u>163</u> cm			

Postura al conducir	Posición Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad		
		Hombro α	Codo β				
		<u>57</u>	<u>156</u>		1 Muy Facil		
Erguido	Superior			Pentadigital	X		
							
Inclinación frontal	Media						
							
Inclinación posterior	Inferior			Cilindrica			

Sugerencias/Recomendaciones:

Escala de Adaptabilidad	
1 Muy Facil	
2 Facil	X
3 Normal	
4 Dificil	
5 Muy dificil	

Escala de Comodidad	
1 Muy comodo	
2 Comodo	X
3 Normal	
4 Incomodo	
5 Muy incomdo	

Escala de Satisfacción	
Cumple	X
1 Satisfactoriamente	
2 Cumple regular	
3 No cumple	

Anexo 12 Resultados encuesta participante 8

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Fabian Cardenas</u>			X	
Edad: <u>48</u> años Estatura: <u>160</u> cm				

Postura al conducir	Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
		Hombro α	Codo β			
		<u>30</u>	<u>130</u>		1 Muy Facil	
Erguido	Superior			Pentadigital	2 Facil	
				3 Normal	X	
Inclinacion frontal	Media			4 Dificil		
				5 Muy dificil		
					Escala de Adaptabilidad	
					1 Muy Facil	
					2 Facil	X
					3 Normal	
					4 Dificil	
					5 Muy dificil	
					Escala de Comodidad	
					1 Muy comodo	
					2 Comodo	
					3 Normal	X
					4 Incomodo	
					5 Muy incomdo	
					Escala de Satisfacción	
					Cumple	
					1 Satisfactoriamente	X
					2 Cumple regular	
					3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 13.- Resultados encuesta participante 9

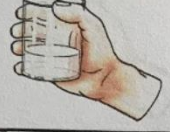
Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Felipe Caspio</u>			☒	
Edad: <u>26</u> años Estatura: <u>180</u> cm				

Postura al conducir		Posición Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre		Escala de Complejidad			
				Hombro α	Codo β						
				<u>65</u>	<u>150</u>			1 Muy Facil			
Erguido		Superior	☒					2 Facil	☒		
								3 Normal	☒		
Inclinacion frontal		Media								4 Dificil	
										5 Muy dificil	
Inclinación posterior	☒	Inferior						Escala de Adaptabilidad			
								1 Muy Facil			
								2 Facil			
								3 Normal	☒		
								4 Dificil			
								5 Muy dificil			
								Escala de Comodidad			
								1 Muy comodo			
								2 Comodo			
								3 Normal	☒		
								4 Incomodo			
								5 Muy incomdo			
								Escala de Satisfacción			
								Cumple			
								1 Satisfactoriamente	☒		
								2 Cumple regular			
								3 No cumple			

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 14.- Resultados encuesta participante 10

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Francisco</u> <u>17a</u>				
Edad: <u>24</u> años Estatura: <u>171</u> cm				

Postura al conducir		Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad		
			Hombro α	Codo β				
			<u>26</u>	<u>120</u>		1 Muy Facil		
Erguido	☒	Superior				2 Facil	☒	
						Escala de Adaptabilidad		
Inclinacion frontal		Media			☒		3 Normal	☒
							4 Dificil	
Inclinación posterior		Inferior				5 Muy dificil		
					Palmar cilindrica	☒	Escala de Comodidad	
							1 Muy comodo	
							2 Comodo	☒
							3 Normal	
							4 Incomodo	
							5 Muy incomdo	
					Cilindrica		Escala de Satisfacción	
							Cumple	
							1 Satisfactoriamente	☒
							2 Cumple regular	
							3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 15.- Resultados encuesta participante 11

Datos del participante

Nombre: Gabriel Velez

Edad: 18 años Estatura: 162 cm

Marque en la casilla seleccionada ☒ X

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β			
				<u>38</u>	<u>158</u>			1 Muy Facil ☒ X
Erguido	Superior						Pentadigital	Escala de Adaptabilidad
								1 Muy Facil
Inclinacion frontal	Media ☒ X					Palmar cilindrica ☒ X	2 Facil ☒ X	
							3 Normal	
Inclinación posterior ☒ X	Inferior					Cilindrica	4 Dificil	
Sugerencias/Recomendaciones:								5 Muy dificil
							Escala de Comodidad	
							Escala de Satisfacción	
							1 Muy comodo	
							2 Comodo ☒ X	
							3 Normal	
							4 Incomodo	
							5 Muy incomdo	
							1 Cumple	
							2 Satisfactoriamente ☒ X	
							3 Cumple regular	
							4 No cumple	

Anexo 16.- Resultados encuesta participante 12

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Gustavo Vilas</u>				
Edad: <u>51</u> años Estatura: <u>170</u> cm				

Postura al conducir	Posición Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad		
		Hombro α	Codo β				
		<u>42</u>	<u>165</u>		1 Muy Facil 2 Facil 3 Normal ☒ 4 Dificil 5 Muy dificil		
Erguido	Superior			Pentadigital	Escala de Adaptabilidad 1 Muy Facil 2 Facil 3 Normal ☒ 4 Dificil 5 Muy dificil		
				Inclinación frontal	Media ☒	Palmar cilíndrica ☒	Escala de Comodidad 1 Muy comodo 2 Comodo 3 Normal 4 Incomodo ☒ 5 Muy incomodo
				Inclinación posterior	☒	Cilíndrica	Escala de Satisfacción Cumple 1 Satisfactoriamente ☒ 2 Cumple regular 3 No cumple
Inclinación posterior	Inferior						

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 17 Resultados encuesta participante 13

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: Jaime Amores			X	
Edad: 31 años Estatura: 186 cm				

Postura al conducir	Posición Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
		Hombro α	Codo β			
		52	147		1 Muy Facil	
Erguido	Superior			Pentadigital	2 Facil	X
				3 Normal		
Inclinación frontal	Media			4 Dificil		
				Palmar cilindrica	5 Muy dificil	
Inclinación posterior	Inferior				Escala de Comodidad	
					1 Muy comodo	
					2 Comodo	
					3 Normal	X
					4 Incomodo	
					5 Muy incomodo	
				Cilindrica	Escala de Satisfacción	
					Cumple	
					1 Satisfactoriamente	X
					2 Cumple regular	
					3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 18.- Resultados encuesta participante 14

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Jhonatan Campos</u>			☒	
Edad: <u>28</u> años	Estatura: <u>164</u> cm			

Postura al conducir		Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
			Hombro α	Codo β			
			<u>35</u>	<u>145</u>		1 Muy Facil	
Erguido		Superior			Pentadigital	Escala de Adaptabilidad	
						1 Muy Facil	
						2 Facil	
						3 Normal	☒
Inclinación frontal		Media			Palmar cilíndrica	4 Dificil	
						5 Muy dificil	
						Escala de Comodidad	
Inclinación posterior	☒	Inferior			Cilíndrica	1 Muy comodo	
						2 Comodo	
						3 Normal	☒
						4 Incomodo	
						5 Muy incomodo	
						Escala de Satisfacción	
						Cumple	☒
						1 Satisfactoriamente	
						2 Cumple regular	
						3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 19.- Resultados encuesta participante 15

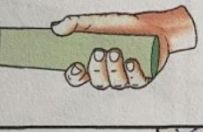
Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Hedardo Orozco</u>			☒	
Edad: <u>42</u> años Estatura: <u>170</u> cm				

Postura al conducir		Posición Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre		Escala de Complejidad			
				Hombro α	Codo β						
				<u>42</u>	<u>158</u>			1 Muy Facil			
Erguido	☒	Superior						2 Facil			
								3 Normal	☒		
Inclinación frontal		Media	☒							4 Dificil	
										5 Muy dificil	
Inclinación posterior		Inferior						Escala de Adaptabilidad			
								1 Muy Facil			
								2 Facil			
								3 Normal			
								4 Dificil	☒		
								5 Muy dificil			
								Escala de Comodidad			
								1 Muy comodo			
								2 Comodo			
								3 Normal			
								4 Incomodo	☒		
								5 Muy Incomodo			
								Escala de Satisfacción			
								Cumple			
								1 Satisfactoriamente			
								2 Cumple regular	☒		
								3 No cumple			

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 20.- Resultados encuesta participante 16

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Nelson</u> <u>Mano salvas</u>			☒	
Edad: <u>52</u> años Estatura: <u>171</u> cm				

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad			
				Hombro α	Codo β					
 Erguido		 Superior		<u>25</u>	<u>123</u>	 Pentadigital	1 Muy Facil 2 Facil 3 Normal 4 Dificil 5 Muy dificil	☒		
 Inclinacion frontal		 Media					 Palmar cilindrica	Escala de Adaptabilidad 1 Muy Facil 2 Facil 3 Normal 4 Dificil 5 Muy dificil		☒
 Inclinación posterior		 Inferior						 Cilindrica	Escala de Comodidad 1 Muy comodo 2 Comodo 3 Normal 4 Incomodo 5 Muy incomodo	
Sugerencias/Recomendaciones:						Escala de Satisfacción 1 Satisfactoriamente 2 Cumple regular 3 No cumple			☒	

Anexo 21.- Resultados encuesta participante 17

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Pepe Velez</u>			☒	
Edad: <u>56</u> años	Estatura: <u>164</u> cm		☐	

Postura al conducir	Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad		
		Hombro α	Codo β				
		<u>35</u>	<u>163</u>		1 Muy Facil 2 Facil 3 Normal ☒ 4 Dificil 5 Muy dificil		
Erguido	Superior			Pentadigital	Escala de Adaptabilidad 1 Muy Facil 2 Facil 3 Normal 4 Dificil ☒ 5 Muy dificil		
				Inclinacion frontal	Media ☒	Palmar cilindrica	Escala de Comodidad 1 Muy comodo 2 Comodo 3 Normal ☒ 4 Incomodo 5 Muy incomdo
				Inclinación posterior ☒	Inferior	Cilindrica ☒	Escala de Satisfacción Cumple 1 Satisfactoriamente 2 Cumple regular ☒ 3 No cumple

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 22.- Resultados encuesta participante 18

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Renato Loayza</u>			☒	
Edad: <u>49</u> años Estatura: <u>165</u> cm				

Postura al conducir		Posición Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β			
				<u>41</u>	<u>147</u>		1 Muy Facil	
Erguido	☒	Superior					2 Facil	
							3 Normal	☒
						Pentadigital	Escala de Adaptabilidad	
Inclinación frontal		Media	☒				1 Muy Facil	
							2 Facil	
							3 Normal	
							4 Dificil	☒
							5 Muy dificil	
						Palmar cilindrica	Escala de Comodidad	
Inclinación posterior		Inferior					1 Muy comodo	
							2 Comodo	
							3 Normal	
							4 Incomodo	☒
							5 Muy incomdo	
							Escala de Satisfacción	
							Cumple	
							1 Satisfactoriamente	
							2 Cumple regular	☒
							3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 23.- Resultados encuesta participante 19

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Ricardo Velez</u>			☒	
Edad: <u>20</u> años Estatura: <u>168</u> cm				

Postura al conducir	Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad		
		Hombro α	Codo β				
		<u>31</u>	<u>143</u>		1 Muy Facil 2 Facil ☒ 3 Normal 4 Dificil 5 Muy dificil		
Erguido	Superior			Pentadigital	1 Muy Facil 2 Facil 3 Normal ☒ 4 Dificil 5 Muy dificil		
				Inclinación frontal	Media ☒	Palmar cilindrica ☒	1 Muy comodo 2 Comodo 3 Normal ☒ 4 Incomodo 5 Muy incomdo
				Inclinación posterior ☒	Inferior	Cilindrica	1 Cumple 1 Satisfactoriamente ☒ 2 Cumple regular 3 No cumple

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 24.- Resultados encuesta participante 20

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Rodny Estupinan</u>			☒	
Edad: <u>19</u> años Estatura: <u>180</u> cm				

Postura al conducir		Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad		
			Hombro α	Codo β				
			<u>57</u>	<u>167</u>		1 Muy Facil		
Erguido	Superior		☒			2 Facil	☒	
						3 Normal		
						4 Dificil		
					Pentadigital	Escala de Adaptabilidad		
Inclinacion frontal	Media					1 Muy Facil		
						2 Facil	☒	
						3 Normal		
						4 Dificil		
					Palmar cilindrica	Escala de Comodidad		
Inclinación posterior	Inferior					1 Muy comodo		
						2 Comodo	☒	
						3 Normal		
						4 Incomodo		
						5 Muy incomodo		
					Cilindrica	☒	Escala de Satisfacción	
							Cumple	☒
							1 Satisfactoriamente	
							2 Cumple regular	
							3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 25.- Resultados encuesta participante 21

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Santiago Manosalva</u>			☒	
Edad: <u>29</u> años Estatura: <u>178</u> cm				

Postura al conducir	Posición Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
		Hombro α	Codo β			
		<u>54</u>	<u>144</u>		1 Muy Facil 2 Facil ☒ 3 Normal 4 Dificil 5 Muy dificil	
Erguido ☒	Superior ☒			Pentadigital	Escala de Adaptabilidad 1 Muy Facil 2 Facil ☒ 3 Normal 4 Dificil 5 Muy dificil	
				Inclinación frontal	Media	Escala de Comodidad 1 Muy comodo 2 Comodo ☒ 3 Normal 4 Incomodo 5 Muy incomodo
				Inclinación posterior	Inferior	Escala de Satisfacción Cumple ☒ 1 Satisfactoriamente 2 Cumple regular 3 No cumple
Sugerencias/Recomendaciones:						

Anexo 26.- Resultados encuesta participante 22

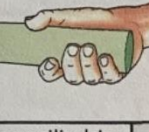
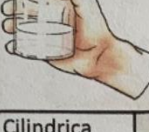
Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Edwin Molina</u>			☒	
Edad: <u>39</u> años Estatura: <u>160</u> cm				

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre		Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β				
				<u>61</u>	<u>168</u>			1 Muy Facil	
Erguido	☒	Superior	☒			Pentadigital	☒	2 Facil	
								3 Normal	☒
Inclinacion frontal		Media				Palmar cilindrica		4 Dificil	
								5 Muy dificil	
Inclinación posterior		Inferior				Cilindrica		Escala de Adaptabilidad	
								1 Muy Facil	
								2 Facil	
								3 Normal	☒
								4 Dificil	
								5 Muy dificil	
								Escala de Comodidad	
								1 Muy comodo	
								2 Comodo	
								3 Normal	☒
								4 Incomodo	
								5 Muy incomodo	
								Escala de Satisfacción	
								Cumple	
								1 Satisfactoriamente	
								2 Cumple regular	☒
								3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 27.- Resultados encuesta participante 23

Datos del participante				Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Estefani Cardenas</u>				☒	
Edad: <u>25</u> años Estatura: <u>149</u> cm					

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad		
				Hombro α	Codo β				
				<u>30</u>	<u>113</u>			1 Muy Facil	
Erguido	☒	Superior	☒				Pentadigital	2 Facil	☒
								3 Normal	
								4 Dificil	
Inclinacion frontal		Media					Palmar cilindrica	5 Muy dificil	
									
Inclinación posterior		Inferior					Cilindrica	☒	

Sugerencias/Recomendaciones:

Escala de Adaptabilidad	
1 Muy Facil	
2 Facil	
3 Normal	☒
4 Dificil	
5 Muy dificil	

Escala de Comodidad	
1 Muy comodo	
2 Comodo	☒
3 Normal	
4 Incomodo	
5 Muy incomodo	

Escala de Satisfacción	
Cumple	☒
1 Satisfactoriamente	
2 Cumple regular	
3 No cumple	

Anexo 28.- Resultados encuesta participante 24

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Franas Cabezas</u>			☒	
Edad: <u>19</u> años	Estatura: <u>153</u> cm			

Postura al conducir		Posición Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre		Escala de Complejidad		
				Hombro α	Codo β					
				<u>50</u>	<u>158</u>			1 Muy Facil		
Erguido	☒	Superior	☒			Pentadigital		2 Facil	☒	
						Palmar cilindrica		☒	3 Normal	☒
Inclinación frontal		Media				Cilindrica			4 Dificil	
								5 Muy dificil		
Inclinación posterior		Inferior						Escala de Adaptabilidad		
								1 Muy Facil		
								2 Facil		
								3 Normal	☒	
								4 Dificil		
								5 Muy dificil		
								Escala de Comodidad		
								1 Muy comodo		
								2 Comodo	☒	
								3 Normal		
								4 Incomodo		
								5 Muy incomdo		
								Escala de Satisfacción		
								Cumple		
								1 Satisfactoriamente	☒	
								2 Cumple regular		
								3 No cumple		

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 29.- Resultados encuesta participante 25

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: Gabriela Basantes			X	
Edad: 34 años Estatura: 150 cm				

Postura al conducir		Posición Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre		Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β				
				34	138			1 Muy Facil	
Erguido	X	Superior				Pentadigital		2 Facil	
						Escala de Adaptabilidad			
Inclinación frontal		Media	X			3 Normal	X		
				Escala de Comodidad		Palmar cilindrica	X	4 Dificil	
Inclinación posterior		Inferior		Escala de Satisfacción				5 Muy dificil	
						Cilindrica		1 Muy comodo	
								2 Comodo	
								3 Normal	
								4 Incomodo	X
								5 Muy incomodo	
								1 Satisfactoriamente	
								2 Cumple regular	X
								3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 30.- Resultados encuesta participante 26

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Haydee Cardenas</u>			☒	
Edad: <u>42</u> años	Estatura: <u>150</u> cm			

Postura al conducir	Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
		Hombro α	Codo β			
		<u>46</u>	<u>145</u>		1 Muy Facil	
Erguido	Superior			Pentadigital	2 Facil	
				3 Normal	☒	
Inclinacion frontal	Media ☒			4 Dificil		
				5 Muy dificil		
Inclinación posterior ☒	Inferior			Palmar cilindrica ☒	Escala de Adaptabilidad	
					1 Muy Facil	
					2 Facil	
					3 Normal	
					4 Dificil	☒
					5 Muy dificil	
				Cilindrica	Escala de Comodidad	
					1 Muy comodo	
					2 Comodo	
					3 Normal	
					4 Incomodo	☒
					5 Muy incomdo	
				Escala de Satisfacción		
					Cumple	
					1 Satisfactoriamente	
					2 Cumple regular	☒
					3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 31.- Resultados encuesta participante 27

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Ja2 min cabetas</u>			X	
Edad: <u>25</u> años Estatura: <u>156</u> cm				

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre		Escala de Complejidad			
				Hombro α	Codo β						
				<u>37</u>	<u>135</u>			1 Muy Facil			
Erguido	X	Superior						2 Facil	X		
								3 Normal	X		
Inclinacion frontal		Media	X							4 Dificil	
										5 Muy dificil	
Inclinación posterior		Inferior						Escala de Adaptabilidad			
								1 Muy Facil			
								2 Facil			
								3 Normal	X		
								4 Dificil			
								5 Muy dificil			
								Escala de Comodidad			
								1 Muy comodo			
								2 Comodo	X		
								3 Normal			
								4 Incomodo			
								5 Muy incomdo			
								Escala de Satisfacción			
								Cumple			
								1 Satisfactoriamente	X		
								2 Cumple regular			
								3 No cumple			

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 32.- Resultados encuesta participante 28

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: Karen Villegas			X	
Edad: 29 años	Estatura: 157 cm			

Postura al conducir	Posición Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
		Hombro α	Codo β			
		38	157		1 Muy Facil	
Erguido	Superior			Pentadigital	2 Facil	X
				3 Normal		
Inclinación frontal	Media			4 Dificil		
				Palmar cilindrica	5 Muy dificil	
Inclinación posterior	Inferior				Escala de Comodidad	
					1 Muy comodo	
					2 Comodo	X
					3 Normal	
					4 Incomodo	
					5 Muy incomodo	
					Escala de Satisfacción	
					Cumple	
					1 Satisfactoriamente	X
					2 Cumple regular	
					3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 33.- Resultados encuesta participante 29

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Luis laico</u>			☒	
Edad: <u>55</u> años	Estatura: <u>154</u> cm			

Postura al conducir	Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad		
		Hombro α	Codo β				
		<u>30</u>	<u>124</u>		1 Muy Facil		
Erguido	Superior			Pentadigital	☒	Escala de Adaptabilidad	
				2 Facil		1 Muy Facil	
Inclinacion frontal	Media			3 Normal		2 Facil	☒
				4 Dificil		Escala de Comodidad	
Inclinación posterior	Inferior			5 Muy dificil		1 Muy comodo	
				Palmar cilindrica		2 Comodo	
						3 Normal	
				Cilindrica		4 Incomodo	☒
						5 Muy incomdo	
						Escala de Satisfacción	
						Cumple	
						1 Satisfactoriamente	
						2 Cumple regular	☒
						3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 34.- Resultados encuesta participante 30

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Miguel Velez</u>			☒	
Edad: <u>24</u> años Estatura: <u>154</u> cm				

Postura al conducir		Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad		
			Hombro α	Codo β				
			<u>31</u>	<u>138</u>		1 Muy Facil		
Erguido		Superior			Pentadigital	Escala de Adaptabilidad		
						1 Muy Facil		
Inclinación frontal	Media	☒			2 Facil	☒		
					Palmar cilindrica	☒	Escala de Comodidad	
Inclinación posterior	Inferior						1 Muy comodo	
					Cilindrica		2 Comodo	☒
							3 Normal	
							4 Incomodo	
							5 Muy incomodo	
							Escala de Satisfacción	
							Cumple	☒
							1 Satisfactoriamente	
							2 Cumple regular	
							3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 35.- Resultados encuesta participante 31

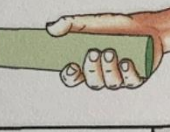
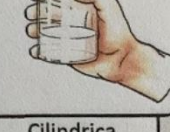
Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Mon & rathe Cedeno</u>			☒	
Edad: <u>57</u> años	Estatura: <u>157</u> cm			

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β			
				<u>30</u>	<u>109.</u>		1 Muy Facil	
Erguido	☒	Superior				Pentadigital	2 Facil	☒
							3 Normal	
Inclinacion frontal		Media	☒				4 Dificil	
						5 Muy dificil		
Inclinación posterior		Inferior				Palmar cilindrica	☒	
							Escala de Adaptabilidad	
							1 Muy Facil	
							2 Facil	
							3 Normal	
							4 Dificil	☒
							5 Muy dificil	
							Escala de Comodidad	
							1 Muy comodo	
							2 Comodo	
							3 Normal	
							4 Incomodo	☒
							5 Muy incomdo	
							Escala de Satisfacción	
							Cumple	
							1 Satisfactoriamente	
							2 Cumple regular	☒
							3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 36.- Resultados encuesta participante 32

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Natalia Cardenas</u>			X	
Edad: <u>38</u> años	Estatura: <u>152</u> cm			

Postura al conducir		Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
			Hombro α	Codo β			
			<u>39</u>	<u>120</u>		1 Muy Facil	
Erguido	Superior					2 Facil	X
						3 Normal	
						4 Dificil	
					Pentadigital	Escala de Adaptabilidad	
Inclinacion frontal	Media					1 Muy Facil	
						2 Facil	
						3 Normal	X
						4 Dificil	
						5 Muy dificil	
					Palmar cilindrica	Escala de Comodidad	
Inclinación posterior	Inferior					1 Muy comodo	
						2 Comodo	X
						3 Normal	
						4 Incomodo	
						5 Muy incomdo	
						Escala de Satisfacción	
						Cumple	
						1 Satisfactoriamente	X
						2 Cumple regular	
						3 No cumple	

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 37.- Resultados encuesta participante 33

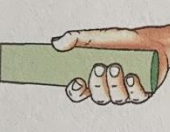
Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Susana Velasco</u>			☒	
Edad: <u>55</u> años	Estatura: <u>150</u> cm			

Postura al conducir	Posicion Mano	Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad		
		Hombro α	Codo β				
		<u>46</u>	<u>148</u>		1 Muy Facil 2 Facil ☒ 3 Normal 4 Dificil 5 Muy dificil		
Erguido ☒	Superior			Pentadigital	1 Muy Facil 2 Facil 3 Normal 4 Dificil ☒ 5 Muy dificil		
				Inclinacion frontal	Media ☒	Palmar cilindrica ☒	1 Muy comodo 2 Comodo 3 Normal ☒ 4 Incomodo 5 Muy incomodo
				Inclinación posterior	Inferior	Cilindrica	1 Satisfactoriamente ☒ 2 Cumple regular 3 No cumple

Sugerencias/Recomendaciones:

Anexo 38.- Resultados encuesta participante 34

Datos del participante			Marque en la casilla seleccionada	
Nombre: <u>Ximena Salazar</u>			☒	
Edad: <u>59</u>	años	Estatura: <u>149</u> cm		

Postura al conducir		Posicion Mano		Angulos del hombro y codo		Tipo de Agarre	Escala de Complejidad	
				Hombro α	Codo β			
				<u>35</u>	<u>109</u>		1 Muy Facil	
Erguido	☒	Superior				Pentadigital	2 Facil	
							3 Normal	
Inclinacion frontal		Media	☒			Palmar cilindrica	4 Dificil	☒
							5 Muy dificil	
Inclinación posterior		Inferior				Cilindrica	1 Muy comodo	

Sugerencias/Recomendaciones:

Escala de Adaptabilidad		
1	Muy Facil	
2	Facil	
3	Normal	
4	Dificil	☒
5	Muy dificil	

Escala de Comodidad		
1	Muy comodo	
2	Comodo	
3	Normal	
4	Incomodo	☒
5	Muy incomdo	

Escala de Satisfacción		
Cumple		
1 Satisfactoriamente		
2 Cumple regular	☒	
3 No cumple		

Anexo 39.- Resultados encuesta participante 35