



Implementación de un dispositivo periférico de entrada mediante dispositivos electrónicos de código abierto para mejorar la interacción hombre máquina para personas con movilidad reducida

Tasinchana Chuqui, Anabel Vaneza

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Electromecánica

Ing. Murillo Mantilla, Luis Alejandro

24 de febrero del 2022

Latacunga



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación de un dispositivo periférico de entrada mediante dispositivos electrónicos de código abierto para mejorar la interacción hombre máquina para personas con movilidad reducida ”** fue realizado por la señorita **Tasinchana Chuqui, Anabel Vaneza** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de enero del 2022

Firma:



Ing. Murillo Mantilla, Luis Alejandro

C.C.: 180419672-1

COPYLEAKS

13-48.pdf

Scanned on: 15:31 March 3, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	976
Words with Minor Changes	170
Paraphrased Words	0
Omitted Words	264



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ALEJANDRO
MURILLO
MANTILLA**



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Tasinchana Chuqui, Anabel Vaneza** con cédula de ciudadanía N° 050389684-7, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **"Implementación de un dispositivo periférico de entrada mediante dispositivos electrónicos de código abierto para mejorar la interacción hombre máquina para personas con movilidad reducida "** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 24 de enero del 2022

Firma:

Tasinchana Chuqui, Anabel Vaneza

C.C.: 050389684-7



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Tasinchana Chuqui, Anabel Vaneza** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un dispositivo periférico de entrada mediante dispositivos electrónicos de código abierto para mejorar la Interacción hombre máquina para personas con movilidad reducida”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 24 de enero del 2022

Firma:

Tasinchana Chuqui, Anabel Vaneza

C.C.: 050389684-7

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico Dios y a mis padres quienes son el eje central en mi vida y han sido mi fuente de inspiración para salir adelante y además porque día a día se preocupan por mi superación.

Durante este tiempo, buenos y malos momentos me ayudaron a fortalecer mi carácter, me brindaron una perspectiva de la vida mucho más amplia y me han enseñado a ser más cauteloso, pero sin dejar de ser auténtico. No puedo dejar de reconocer a mis padres ya que durante todo este tiempo estuvieron presentes de una u otra forma evitando que perdiera la noción en el proceso y eso permitió que saliera airoso de esta experiencia.

Con amor

TASINCHANA CHUQUI, ANABEL VANEZA

AGRADECIMIENTO

Los resultados de este presente proyecto, están dedicados a todas las personas que, de alguna u otra manera son parte de su culminación y como la gratitud es un don de las personas, por esta razón quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", quién fue la que me abrió sus puertas para así brindarme todos los conocimientos que se implantan en ella.

A los distinguidos Ingenieros, que, con sus sabias enseñanzas, su nobleza y entusiasmo fueron los que me enseñaron a valorar mi estudio y mi enseñaron a superar cada día, ya que ellos fueron los que supieron brindarme todos sus conocimientos, quienes con sus sabios consejos supieron guiarme hasta el final.

Finalmente quiero agradecer a mi distinguido tutor Ing. Luis Murillo, quién fue la persona que supo brindarme todo su apoyo, conocimientos y me guió durante todo este tiempo que he estado realizando este trabajo.

Mil gracias a todos por haberme brindado su apoyo, les agradezco de todo corazón, nunca olvidaré los bellos momentos que pasé y viví junto con mis compañeros(as) en esta prestigiosa Institución.

Gracias mil gracias.

TASINCHANA CHUQUI, ANABEL VANEZA

Tabla de contenido	
Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte de verificación de contenido	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenido	8
Índice de tablas.....	10
Índice de figuras.....	11
El Problema	14
Antecedentes.....	14
Planteamiento Del Problema	15
Justificación	16
Objetivos	16
<i>Objetivo General</i>	16
<i>Objetivos Específicos.....</i>	17
Alcance	17
Estado del Arte	19
Personas con movilidad reducida (PMR)	19
<i>Tipos de PMR.....</i>	20
<i>Porcentaje de discapacidad en el Ecuador</i>	20
Dispositivos periféricos de entrada	21

Dispositivo periférico de entrada para PMR	23
<i>Ergonomía y discapacidad</i>	24
<i>Estadística de PMR en el Ecuador</i>	26
Código abierto	26
<i>Características</i>	27
<i>Arduino</i>	29
<i>Módulos electrónicos de código abierto</i>	33
<i>En función de su estructura interna</i>	33
Desarrollo del tema	35
Diseño del prototipo	35
<i>Diseño y selección Mecánico</i>	35
<i>Implementación del prototipo</i>	39
<i>Diseño y selección del sistema electrónico</i>	40
<i>Desarrollo de la Programación</i>	43
Análisis económico del proyecto.....	48
Conclusiones y Recomendaciones.....	50
Conclusiones	50
Recomendaciones	51
Bibliografía	52
Anexos	54

Índice de tablas**Tabla 1.** *Lista de Materiales*

41

Tabla 2. *Lista general*

50

Índice de figuras

Figura 1. <i>Personas con movilidad reducida</i>	22
Figura 2. <i>Periféricos de entrada para PMR</i>	25
Figura 3. <i>Ergonomía</i>	26
Figura 4. <i>Estadística de personas con discapacidad en el Ecuador</i>	27
Figura 5. <i>Esquematización sobre código abierto</i>	28
Figura 6. <i>Conexión y almacenamiento</i>	29
Figura 7. <i>Placa de Arduino</i>	34
Figura 8. <i>Arduino conectado con el módulo de pulsadores</i>	35
Figura 9. <i>Diseño preliminar del prototipo</i>	37
Figura 10. <i>Diseño del lado izquierdo de la carcasa</i>	37
Figura 11. <i>Diseño del lado derecho de la carcasa</i>	38
Figura 12. <i>Diseño de soporte de botones y joystick</i>	39
Figura 13. <i>Diseño de botones</i>	39
Figura 14. <i>Diseño de soporte de pulsadores</i>	40
Figura 15. <i>Esquematización circuito electrónico</i>	42
Figura 16. <i>Soldadura de pulsadores</i>	43
Figura 17. <i>Espadines soldados</i>	44
Figura 18. <i>Pantalla software Arduino</i>	45
Figura 19. <i>Instalación de librerías</i>	46
Figura 20. <i>Programación</i>	47
Figura 21. <i>Proceso de ensamble</i>	48
Figura 22. <i>Prototipo final</i>	49

Resumen

El proyecto de investigación e integración curricular propuesto, tiene como objetivo implementar un dispositivo periférico de entrada que facilite la interacción de personas con movilidad reducida y los dispositivos electrónicos personales utilizados en la actualidad, como computadores portátiles, a través de la utilización de tarjetas de procesamiento y elementos electrónicos de bajo costo y de código abierto, asegurando el mejoramiento de la calidad de vida de las persona con dicha capacidad especial. Una vez establecido todo lo antes mencionado se procederá a investigar y definir los parámetros de estudio, dentro de los cuales se considerará la determinación del estado físico de las personas. Finalizado todo el estudio investigativo se procederá a realizar a realizar el diseño de la estructura mecánica del dispositivo considerando los parámetros de estudio a realizar. Como último punto se procederá a realizar el respectivo sistema electrónico el cual nos va a ayudar a enviar y recibir datos, utilizaremos dispositivos electrónicos de bajo costo y una vez culminado todo este procedimiento se realizará la validación de la funcionalidad del prototipo donde se hará sus respectivas pruebas de funcionamiento esperando considerar la participación de un posible usuario, donde comprobaremos la transmisión y generación de datos para el dispositivo periférico de entrada.

Palabras Clave:

- **DISPOSITIVO PERIFÉRICO**
- **PMR (PERSONA CON MOVILIDAD REDUCIDA)**
- **ERGONOMÍA**

Abstract

The proposed research and curricular integration project aims to implement a peripheral input device that facilitates the interaction of people with reduced mobility and the personal electronic devices currently used, such as laptops, through the use of processing cards. and low-cost and open source electronic elements, ensuring the improvement of the quality of life of people with said special capacity. Once all of the aforementioned has been established, the study parameters will be investigated and defined, within which the determination of the physical state of the people will be considered. Once all the research has been completed, the design of the mechanical study structure of the device will be carried out considering the study parameters to be carried out. As a last point, we will proceed to carry out the respective electronic system which will help us to send and receive data, we will use low-cost electronic devices and once all this procedure has been completed, the validation of the functionality of the prototype will be carried out where their respective performance tests waiting to consider the participation of a possible user, where we will check the transmission and generation of data for the peripheral input device.

Keywords:

- **PERIPHERAL DEVICE**
- **PRM (PERSON WITH REDUCED MOBILITY)**
- **ERGONOMICS**

Capítulo I

1. El Problema

1.1. Antecedentes

La interfaz es el espacio de contacto entre el usuario y los aparatos, incluye tanto los elementos materiales, pantallas, botoneras etc. como los elementos inmateriales, programas, reglas de funcionamiento, elementos de comunicación, que regulan el manejo de los aparatos con cierta programación. (Salvador, 2017)

Según el autor Salvador (2017) de acuerdo con su tema de proyecto *“Nuevos periféricos utilizados como ayudas técnicas para personas con discapacidad”* el diseño para el usuario trata fundamentalmente de las interfaces de los dispositivos, de las que depende la usabilidad o grado de satisfacción y comodidad que produce el manejo de los aparatos aunque, para obtener mejores resultados se debe realizar modificaciones a mayor profundidad. En el caso de los ordenadores forman parte de la interfaz: los periféricos de entrada, los periféricos de salida, los elementos de comunicación en la pantalla así como la forma de responder del sistema. (Salvador, 2017)

El manejo del ordenador depende en gran parte de los periféricos de entrada de datos. Los más habituales son el teclado y el ratón a los que se han adaptado la mayoría de programas. En el desarrollo de estos dispositivos no siempre se han aplicado los criterios del diseño para todos y, en consecuencia, hay grupo de usuarios que tiene dificultades para manejarlos. (Salvador, 2017)

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que

la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso con fines electrónicos.

(FERNÁNDEZ, 2020)

1.2. Planteamiento Del Problema

Las personas con movilidad reducida en brazos y manos según el Censo de 2005 corresponde a limitaciones en la movilidad de los miembros superiores como: tocar, coger y manipular objetos con las manos, mover y utilizar brazos, hombros, manos y dedos, debido a una amputación o una enfermedad congénita en niños, adultos, adolescente y adultos mayores. (MARADEI G, MALDONADO, & GOMEZ, 2009)

Estos usuarios, por lo general, no poseen todas las facilidades necesarias para interactuar con las aplicaciones de estos entornos, debido a ciertas limitaciones propias de su situación. Tales inconvenientes provocan que cada uno tenga disponible únicamente ciertas formas de interacción, usando el movimiento de sus ojos, mediante el habla, a través de gestos y en casos más extremos únicamente usando el pensamiento, es decir, los usuarios necesitan formas de interacción que se adapten a la necesidad, habilidad y que a su vez estos ayuden a superar las barreras físicas y cognitivas que posea la persona. (Garnica & Maita, 2018)

Técnicamente la amputación es la remoción o resección total o parcial de una extremidad seccionada a través de uno o más huesos, de forma irreversible. Distribución de población con limitaciones en brazos y manos por edad. Por otro lado, la malformación congénita se define [2] como uno u otra de las muchas anomalías macroscópicas que pueden darse en el recién nacido, aun cuando no sean observables inmediatamente después del nacimiento, y puede presentarse en extremidades superiores. (MARADEI G, MALDONADO, & GOMEZ, 2009)

1.3. Justificación

Con el desarrollo e implementación que se va a realizar del dispositivo periférico de entrada facilitará la interacción de personas con movilidad reducida y los dispositivos electrónicos personales más utilizados en la actualidad, como son computadores portátiles, a través de la utilización de tarjetas de procesamiento y elementos electrónicos de bajo costo y de código abierto, asegurando el mejoramiento de la calidad de vida de las persona con dicha capacidad especial gracias a las tecnologías actuales y vanguardistas.

La utilización de un sistema electrónico el cual constará de un módulo de pulsadores y su respectiva programación en el Arduino será de gran ayuda, ya que este nos facilitará enviar y recibir datos, en los cuales estos nos servirán para el uso del computador mediante dispositivos periféricos de entrada en este caso el mouse.

Este dispositivo se va a desarrollar pensando principalmente en las personas con movilidad reducida, ya que estas personas de una u otra manera aportaran con el desarrollo y progreso de la sociedad y merecen tecnología acorde a sus necesidades de forma sana y confiable. Adicionalmente este trabajo ha sido desarrollado con el fin de crear conciencia en las personas en cuanto al cuidado, comprensión, tolerancia y respeto que se merecen las personas con movilidad reducida.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo General*

- Implementar un dispositivo periférico de entrada mediante dispositivos electrónicos de código abierto para mejorar la interacción hombre máquina para personas con movilidad reducida.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Establecer los requerimientos de diseño del dispositivo periférico considerando proporcionar buena funcionalidad a las PMR
- Implementar la estructura mecánica del dispositivo utilizando software de diseño y manufactura asistida por computador para asegurar la ergonomía con el usuario.
- Realizar el diseño del sistema electrónico y de control mediante la utilización software computacional de simulación para analizar el comportamiento de los elementos constitutivos.
- Validar la funcionalidad del dispositivo a través de pruebas en tiempo real para asegurar el correcto desempeño de los sistemas.

1.5. Alcance

El presente proyecto tiene como alcance lograr el mejorar la calidad de vida de las persona con movilidad educida mediante un dispositivo el cual facilitara la interacción hombre-máquina de dichas personas.

El dispositivo contará con un diseño ergonómico para facilitar su uso por las PMR; éste dispondrá de un micro controlador que será un Arduino Micro el para su programación utiliza código abierto que es de fácil acceso sin costos por licencias; este Arduino Micro se usará por sus gran variedad de ventajas, una y muy representativa es el reconocimiento de drives y sus pequeñas dimensiones; que permitirán el acoplamiento de los diversos elementos dentro del prototipo mecánico como el módulo de pulsadores, joystick de cinco pines y un cable USB para la comunicación con la PC.

Para la parte electrónica donde se requiere realizar un módulo de pulsadores mediante un divisor de tensiones utilizaremos el software lawyer para posteriormente transferir el circuito a la placa baquelita.

El diseño mecánico del dispositivo se realizará mediante la utilización del Software SolidWorks 3D; una vez concluido el mismo se procederá a su impresión por el método de modelado por deposición fundida (FDM); como su propio nombre indica, este método va depositando un material fundido sobre una estructura capa a capa que posteriormente es sintetizado por un láser para su solidificación. Dentro de este método se incluye también el sintetizado de metal por láser o DMLS.

El material que se utilizará para la impresión del prototipo mecánico será de nylon (PA); que es un polímero sintético del grupo de las poliamidas. Una fibra textil elástica y resistente muy utilizada para la fabricación y confección de tejidos y telas.

Capítulo II

2. Estado del Arte

En el presente capítulo se muestra información sobre el desarrollo de un dispositivo periférico de entrada que facilite la interacción de personas con movilidad reducida y los dispositivos electrónicos. Además, analizaremos los diferentes tipos de PMR, dispositivos periféricos de entrada que utilizaremos para la implementación del mismo y también se abordará temas centrales como por ejemplo programación de código abierto en Arduino Micro.

2.1. Personas con movilidad reducida (PMR)

La persona con movilidad reducida (PMR) es aquella cuya movilidad esté limitada a efectos de la utilización de un medio de transporte debido a cualquier discapacidad física (sensorial o de locomoción, permanente o temporal) o mental, a su edad o a cualquier otra causa que necesite una atención especial y la adaptación a sus necesidades de los servicios que se ponen a disposición de todos los pasajeros. (MARADEI G, MALDONADO, & GOMEZ, 2009)

Con carácter general, se considera PMR a aquel pasajero que necesita ayuda de otra persona para dirigirse a la salida de la aeronave con la adecuada rapidez en caso de una evacuación de emergencia. Esto también incluye a los pasajeros que tienen serias dificultades para recibir o comprender las instrucciones de emergencia. (MOOVINTEC, 2018)

El objetivo de hoy en día es garantizar una vida digna y de calidad para las personas con movilidad reducida, este es un reto que con el pasar de los días irá tomando mucha importancia gracias a la cooperación internacional que existe entre países. (MOOVINTEC, 2018)

2.1.1. Tipos de PMR

- BLND (discapacidad visual).
- DEAF (discapacidad auditiva).
- STCR (persona que viaja en camilla).
- DPNA (persona con discapacidad mental).
- WCHC (personas no autosuficientes que necesitan ayuda en todo momento así como un acompañante si el vuelo supera las 3 horas).
- WCHS persona que necesitan ayuda para trasladarse desde la terminal al avión así como para embarcar pero que son autosuficientes a bordo

2.1.2. Porcentaje de discapacidad en el Ecuador

La Corte Constitucional ha determinado en el artículo 1 del Reglamento a la Ley Orgánica de Discapacidades, en el que se establece que se considera persona con discapacidad aquella que posea un porcentaje de discapacidad del 40% o más. Por esta razón, la Corte Constitucional estableció que el artículo permanecerá vigente en el ordenamiento jurídico, de la siguiente manera: (CONADIS, 2022)

Art. 1.- De la persona con discapacidad.- Para efectos de este Reglamento y en concordancia con lo establecido en la Ley, se entenderá por persona con discapacidad a aquella que, como consecuencia de una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, con independencia de la causa que la hubiera originado, ve restringida

permanentemente su capacidad biológica, [p]sicológica y asociativa para ejercer una o más actividades esenciales de la vida diaria, en una proporción equivalente al treinta por ciento de discapacidad, debidamente calificada por la autoridad sanitaria nacional.

(CONADIS, 2022)

En Ecuador, hasta febrero del 2020, estaban registrados 485 325 personas con discapacidad, siendo Guayas la que mayor caso registra con el 25,17%. Se clasifican en siete tipos que son auditivas, lenguaje, física, intelectual, múltiple, psicosocial y visual. (CONADIS, 2022)

Figura 1

Persona con movilidad reducida



Nota. Un grupo de científicos de la Universidad de Tel-Aviv (Israel) han descubierto una terapia con gafas de realidad virtual en 3D para ayudar a personas con movilidad reducida en las manos, según un estudio que publica hoy la revista Cell Press. Tomado de (EFE, 2016)

2.2. Dispositivos periféricos de entrada

En el lenguaje informático se consideran periféricos a aquellos dispositivos auxiliares que son independientes de la unidad central de procesamiento o CPU de un ordenador. Los

periféricos son por tanto un conjunto de dispositivos electrónicos físicos que, sin pertenecer al núcleo fundamental de la computadora, formado por la CPU y la memoria central, permitan realizar operaciones de entrada/salida (E/S) complementarias al proceso de datos que realiza la CPU. (Maradei, 2009)

Pero no podemos pensar en los periféricos como elementos independientes y no esenciales. Existen periféricos que son elementos fundamentales para cualquier sistema informático tales como el monitor, el teclado, etc. Los periféricos pueden clasificarse en 3 categorías principales según la función que realizan: Periféricos de entrada: Captan y digitalizan los datos introducidos por el usuario o por otro dispositivo y los envían al ordenador para ser procesados. Los más conocidos son el teclado, el ratón (mouse), escáner, cámara web, cámara digital, etc. (Maradei, 2009)

Periféricos de salida: Son dispositivos que muestran o proyectan información hacia el exterior del ordenador. La mayoría es para informar, alertar, comunicar, proyectar o dar al usuario cierta información, de la misma forma se encarga de convertir los impulsos eléctricos en información legible para el usuario. Sin embargo, no todos de este tipo de periféricos es información para el usuario. (Pons Rovira, 2007)

El monitor, la impresora, el fax, los altavoces, los auriculares, son periféricos de salida ya que proyectan al usuario información.

Periféricos de entrada/salida (E/S) o de almacenamiento: Sirven básicamente para la comunicación de la computadora con el medio externo. Los periféricos de entrada/salida son los que utiliza el ordenador tanto para mandar como para recibir información. Su función es la de almacenar o guardar, de forma permanente o virtual, todo aquello que hagamos con el ordenador para que pueda ser utilizado por los usuarios u otros sistemas.

Otra forma de definirlos es como aquel dispositivo que se utiliza para grabar los datos de una computadora de forma permanente o temporal. (EFE, 2016)

Una unidad de disco por ejemplo junto con los discos que graba, es un dispositivo de almacenamiento. Como ejemplos de periféricos de entrada/salida tenemos el disco duro, la impresora, pantalla táctil, etc.

Periféricos de comunicación: Son aquellos que facilitan la interacción entre dos o más ordenadores, o entre una computadora y otro periférico externo a esta. Como ejemplos tenemos el fax-modem, tarjeta de red, concentrador, tarjeta inalámbrica, bluetooth, etc. (COMPUTING, 2020)

2.3. Dispositivo periférico de entrada para PMR

Los dispositivos periféricos alternativos, son quizás que no cuentan con el mejor diseñado pero se tratan de ajustar a las necesidades de las PMR. Es aconsejable analizar las diferentes opciones y optar por los recursos auxiliares más sencillos, menos costosos y en lo posible, de producción local. (R., 2018)

En el caso de las personas con discapacidad física intentaríamos resolver, las dificultades de acceso, configurando la velocidad en la respuesta del teclado o el ratón al ritmo del usuario hasta los límites que permita el sistema. Si no fuera suficiente precisaríamos utilizar periféricos alternativos ajustados a sus movimientos, cobertores, teclados especiales, trackballs, joystick, o bien teclados y ratones virtuales que se controlen mediante algún tipo de conmutador. (R., 2018)

En ocasiones el mejor acceso es una combinación de diferentes recursos que se utilizan en función de la tarea a realizar se puede por ejemplo escribir por control de voz y dibujar con joystick. Debe comprobarse la correcta interacción entre las opciones de

accesibilidad de los diferentes sistemas o programas. Desde esta perspectiva disponer de un mayor número de periféricos donde elegir nos permite garantizar una mayor accesibilidad a los dispositivos. (R., 2018)

Figura 2

Periféricos de entrada para PMR



Nota. Adaptaciones pretende facilitar aún más el acceso de las personas con discapacidad al mundo digital y potenciar, así, su movilidad y autonomía. (Maradei, 2009)

2.3.1. Ergonomía y discapacidad

Discapacidad significa ausencia o limitación de la capacidad para realizar una actividad. La discapacidad es una experiencia individual que difiere no solo entre individuos sino también con el tipo y severidad de la deficiencia subyacente, con la manera de vencer o compensar las limitaciones funcionales de dicha discapacidad, con la naturaleza de la tarea que se realiza y con las condiciones del entorno en que esto se produce el suceso.

La Ergonomía adaptada a colectivos de población especiales no tiene un enfoque especial o distinto al de otras aplicaciones: siempre se trata de adaptar el entorno a las

características de las personas y para ello hay que analizar la relación que existe entre las necesidades, capacidades, habilidades y limitaciones del sujeto y las condiciones de aquello que se intenta adaptar, sea una vivienda, un dispositivo, un puesto de trabajo, etc., con el objetivo de armonizar demandas y capacidades, pretensiones y realidades, preferencias y restricciones. (SANTOS, 2010)

Aunque interesa adaptar el entorno al usuario, en el caso de las personas con limitaciones funcionales la adaptación es especialmente necesaria, dado que dependen mucho de su entorno inmediato que una persona que no las tiene. Si ese entorno no se ajusta a sus características, necesidades y limitaciones, repercutir no solo en el confort, facilidad de uso y eficiencia a corto plazo, sino también en su salud, seguridad, independencia, bienestar social y, en definitiva, en su calidad de vida. (SANTOS, 2010)

Ello significa que la importancia de aplicar la Ergonomía a este grupo de población o, dicho de otra manera, las consecuencias negativas de no aplicarla, son quizá mayores que en el caso de otros colectivos. (SANTOS, 2010)

Figura 3

Ergonomía



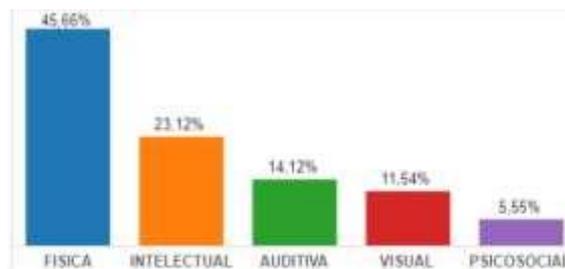
Nota. Se observa una PMR con afectación en su antebrazo Tomado del Instituto Biomecánico de Valencia, 2020.

2.3.2. Estadística de PMR en el Ecuador

En el Ecuador existen varios tipos de discapacidades se clasifican en Tipo de discapacidad, Grado de discapacidad y Grupos Etarios.

Figura 4

Estadística de personas con discapacidad en el Ecuador



Nota. En la figura se observa las estadísticas de personas con discapacidad física, intelectual, auditiva, visual y psicológica elaborado por el CONADIS. Tomado de CONADIS. (CONADIS, 2022)

2.4. Código abierto

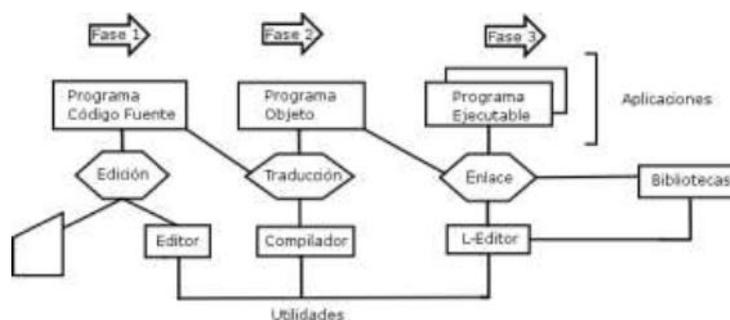
El código abierto tiene la posibilidad de ser reutilizado en otras partes del mundo; las herramientas tecnológicas creadas para enfrentar un desafío de desarrollo para un lugar en particular pueden ser transferidas y adaptadas al contexto local de otro lugar en el que exista un problema similar. Lo mismo, cuando uno desarrolla una nueva adaptación de un producto abierto, que se compromete de publicarla en un formato abierto también, así alimentando un ciclo virtuoso. (Bon, 2001)

El código abierto ha sido aplicado en muchos contextos distintos y siempre está en evolución. Algunos de los ejemplos más reconocidos incluyen el gestor de contenidos WordPress, el navegador de web Firefox, y el sistema operativo Linux. Grandes innovaciones

como el Internet, el GPS o las pantallas táctiles de nuestros teléfonos móviles son innovaciones que al abrirse y ponerse a disposición del público han formado elementos fundamentales de desarrollos por grandes empresas como Apple y Google. (EFE, 2016)

Figura 5

Esquemmatización sobre código abierto



Nota. La figura representa la esquematización de las fases de realización del software para obtener un programa ejecutable donde se enlaza todos los archivos de código abierto con un programa llamado enlazado, 2005. Tomando de Título (Bon, 2001) (Bon, 2001)

2.4.1. Características

El código abierto tiene la característica de ejecutar el programa como desee con libertad absoluta; para cualquier propósito. Se redistribuye copias del Software sin ningún inconveniente.

Con el avance de la tecnología y el perfeccionamiento del código abierto el software se puede modificar y distribuir en un formato diferente del software original, no se discrimina a personas o grupos diferentes, no restringe el uso de otro software y lo más importante el código de fuente está disponible públicamente. (R., 2018)

Cabe mencionar, que ahora en la actualidad Open Source, Código Abierto o Software Libre son conceptos que podemos tomar como sinónimos aunque existen diferencias técnicas. Código Abierto es el software que cuenta con una licencia donde los usuarios podemos estudiar el código pero también modificarlo ya que tenemos el acceso al código fuente. En 1985, Stallman se basó en el Proyecto GNU al fundar la Free Software Foundation (FSF). (Bon, 2001)

Una organización sin fines de lucro dedicada a promover el concepto de Software Libre, traducido del inglés: "Free Software". Stallman también desarrollaría más tarde la Licencia Pública General de GNU, una licencia de software que garantiza los derechos de los usuarios finales para ejecutar, ver y compartir el código fuente libremente. Según la FSF y tal como lo mencionan en dzone, para que una pieza de software se considere verdaderamente "libre". (COMPUTING, 2020)

Figura 6

Conexión y almacenamiento



Nota. En la figura se puede apreciar las diferentes empresas con las cual es compatible el código abierto; tiene licencia para usar, modificar y/o distribuir el software, 2022.

2.4.2. *Arduino*

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso. (FERNÁNDEZ, 2020)

El software libre son los programas informáticos el cual posee un código que es accesible por cualquiera para que quien quiera pueda utilizarlo y modificarlo. Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es un entorno de programación con el que cualquiera puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades. (FERNÁNDEZ, 2020)

El resultado fue del estudio fue Arduino, una placa con todos los elementos necesarios para conectar periféricos a las entradas y salidas de un microcontrolador, y que puede ser programada tanto en Windows como macOS y GNU/Linux. (Bon, 2001)

La placa Arduino/Genuino MICRO es la placa más pequeña de la familia ARDUINO, es fácil de integrar en los objetos cotidianos para que sean interactivos. La placa Arduino/Genuino MICRO se basa en el microcontrolador ATmega32U4 que ofrece un puerto USB incorporado que hace que la placa Arduino/Genuino MICRO sea reconocible como un ratón o un teclado. (WEBROBOTICA, 2009)

La placa Arduino/Genuino MICRO es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega32U4, desarrollado en conjunto con Adafruit. Cuenta con 20 pines digitales de entrada / salida, de los cuales 7 se pueden utilizar como salidas PWM y 12 como entradas analógicas. Tiene un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión micro USB, una

cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador, basta con conectarlo a un ordenador con un cable micro USB para empezar. Tiene un factor de forma que le permite ser fácilmente colocado en un protoboard. (WEBROBOTICA, 2009)

La placa Arduino/Genuino MICRO es similar a la Arduino Leonardo en cuanto que el ATmega32U4 se ha incorporado en la comunicación USB, eliminando la necesidad de un procesador secundario. Esto permite que la placa Arduino/Genuino MICRO sea reconocida por una computadora como un ratón o teclado, además de un puerto COM virtual (CDC) en serie. La placa Arduino/Genuino MICRO se puede programar con el software de Arduino (IDE). Seleccione «Arduino / Genuino Micro en el menú Herramientas» Placa. El microcontrolador ATmega32U4 de la placa Arduino/Genuino MICRO viene preprogramado con un cargador de arranque que le permite cargar nuevo código sin el uso de un programador de hardware externo. Se comunica mediante el protocolo AVR109. (WEBROBOTICA, 2009)

También puede pasar por alto el gestor de arranque y programar el microcontrolador a través de la programación en serial ICSP. La placa Arduino/Genuino MICRO tiene un polifusible reajutable que protege a los puertos USB de su ordenador de cortos y sobrecorrientes. (WEBROBOTICA, 2009)

Aunque la mayoría de las computadoras establecen su propia protección interna, el fusible proporciona una capa adicional de protección. Si hay más de 500 mA en el puerto USB, el fusible romperá automáticamente la conexión hasta que se elimina la sobrecarga. La placa Arduino/Genuino MICRO puede ser alimentada a través de la conexión micro USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente. La alimentación externa puede proceder de una fuente de alimentación o

batería de CC. Los cables desde una batería o fuente de alimentación de CC deben conectarse a los pines GND y Vin. (WEBROBOTICA, 2009)

La placa puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 voltios, pero si se suministran menos de 7V, el pasador de 5V puede suministrar menos de cinco voltios y la placa se puede volver inestable. Si se utiliza más de 12 V, el regulador de voltaje se puede sobrecalentar y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios. El ATmega32U4 tiene 32 KB (con 4 KB utilizado por el gestor de arranque). También tiene 2,5 KB de SRAM y 1 KB de EEPROM (que puede ser leído y escrito con la biblioteca EEPROM). (WEBROBOTICA, 2009)

Cada una de las 20 I/O digitales de la placa Arduino/Genuino MICRO se puede utilizar como una entrada o salida, utilizando las funciones `pinMode()`, `digitalWrite()`, y `digitalRead()`. Operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir 20 mA como condición de funcionamiento recomendada y tiene una resistencia pull-up (desconectada por defecto) de 20-50 k ohmios. 40 mA es el valor máximo que no debe superarse para evitar daños permanentes en el microcontrolador. (WEBROBOTICA, 2009)

Además, algunos pines tienen funciones especializadas:

- Serie: 0 (RX) y 1 (TX). Se utiliza para recibir (RX) y transmitir datos en serie (TX) TTL utilizando la capacidad de serie del hardware ATmega32U4.
- TWI: 2 (SDA) y 3 (SCL). TWI apoyo a la comunicación con el librería Wire .
- Interrupciones externas: 0 (RX), 1 (TX), 2, 3 y 7. Estos pines pueden ser configurados para desencadenar una interrupción en un valor bajo, un flanco ascendente o descendente, o un cambio en el valor. Ver la función `attachInterrupt()` para más detalles.

- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, 11 y 13. proporcionar una salida de PWM de 8 bits con la función `analogWrite ()`.
- SPI: en la cabecera ICSP. Estos pines soportan la comunicación SPI utilizando la librería SPI.
- RX_LED / SS: Se trata de un pin adicional en comparación con la placa Leonardo. Está conectado al RX_LED que indica la actividad de transmisión durante la comunicación USB, pero se puede también utilizar como esclavo seleccione pin (SS) en comunicación SPI.
- LED: 13. Hay un LED incorporado conectado al pin digital 13. Cuando el pasador es ALTO, el LED está encendido, cuando el pasador es BAJO se apaga.
- Entradas analógicas: A0-A5, A6 – A11 (en los pines digitales 4, 6, 8, 9, 10, y 12). La placa Arduino/Genuino MICRO cuenta con un total de 12 entradas analógicas, los pines de A0 a A5 están etiquetados directamente sobre los pasadores y los otros los que se puede acceder en el código usando las constantes de A6 A11 en los pines digitales 4, 6, 8, 9, 10 y 12. Todo lo cual también se puede utilizar como I / O digital. Cada entrada analógica proporciona 10 bits de resolución (es decir, 1024 valores diferentes). Por defecto, la medida de las entradas analógicas del suelo a 5 voltios, aunque es posible cambiar el extremo superior de su rango usando el pin AREF y la función `analogReference ()`.
- AREF. Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Se utiliza con `analogReference ()`.
- Reiniciar. Llevar esta línea baja para reiniciar el microcontrolador. Normalmente se utiliza para añadir un botón de reinicio. (WEBROBOTICA, 2009)

Figura 7*Placa de Arduino*

Nota. En la figura se puede apreciar una placa de Arduino que 20 pines de entrada/salida digital (de los cuales 7 se pueden usar como salidas PWM y 12 como entradas analógicas), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión micro USB, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Tomado de Arduino.cl, 2019.

2.4.3. Módulos electrónicos de código abierto

Los dispositivos eléctricos como los electrónicos requieren de corriente eléctrica o de campos electromagnéticos como fuente de alimentación. Es decir, los dos necesitan la misma energía, pero mientras que los primeros la convierten en otra forma de energía, los segundos la emplean para procesar información.

2.4.4. En función de su estructura interna

- Dispositivos de entrada. Nos referimos a pantallas táctiles, teclados, ratones.
- Dispositivos de proceso de información. Hablamos de microchips, transistores, circuitos impresos o condensadores.
- Dispositivos de salida. Pantallas proyectoras, impresoras, auriculares.

Figura 8

Arduino conectado con el módulo de pulsadores



Nota. En la figura se puede observar el cableado entre la placa de Arduino y el módulo de pulsadores, 2020.

Capítulo III

3. Desarrollo del tema

3.1. Diseño del prototipo

3.1.1. *Diseño y selección Mecánico*

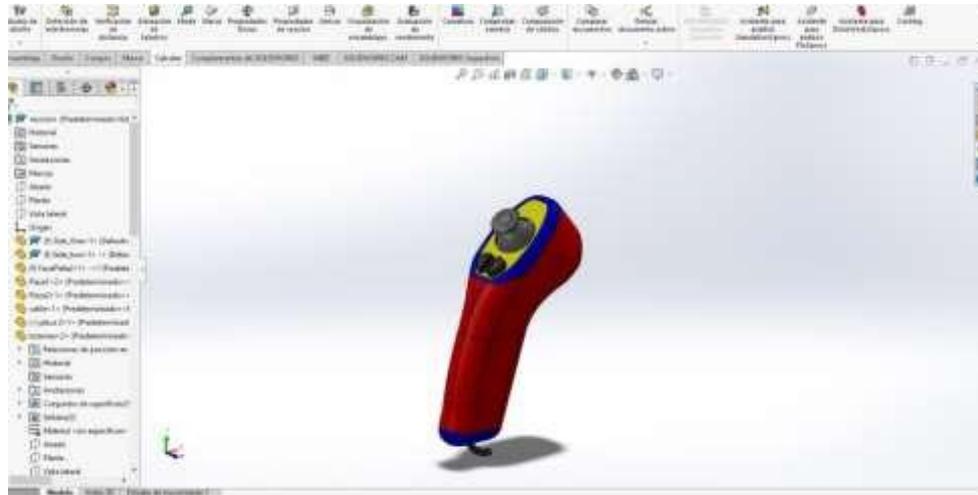
Para el diseño del presente prototipo se necesitó delimitar el tamaño y modelo adecuado de la carcasa que vamos a utilizar para el desarrollo de nuestro dispositivo periférico de entrada, para lo cual se consideró necesario utilizar un software de dibujo en 3D, en el cual se desarrolló las partes más esenciales del prototipo. En este caso, utilizamos el software SOLIDWORKS, donde diseñamos la carcasa, mostrado en la (figura 9), el prototipo está compuesto por dos partes lado izquierdo (figura 10) y lado derecho (figura 11). Estos serán ensamblados mediante presión y tendrán dos tornillos de sujeción.

El diseño mecatrónico del dispositivo protésico se realiza con el software de diseño asistido por computador Solidworks, éste permite crear modelos 3D de una manera rápida, productiva y reduciendo los costes de operación, generando así soluciones en el desarrollo de productos (Murillo, 2015).

Para comenzar el diseño se consideró las medidas antropométricas de la mano presente en la NORMA DIN 33402:2, debido a que en el país no existe en la actualidad un estudio antropométrico de la población ecuatoriana. Para de esta manera realizar el diseño asegurándose la ergonomía de acople con la mano de las PMR, como se muestra en la (figura 9). (Murillo, 2015)

Figura 9

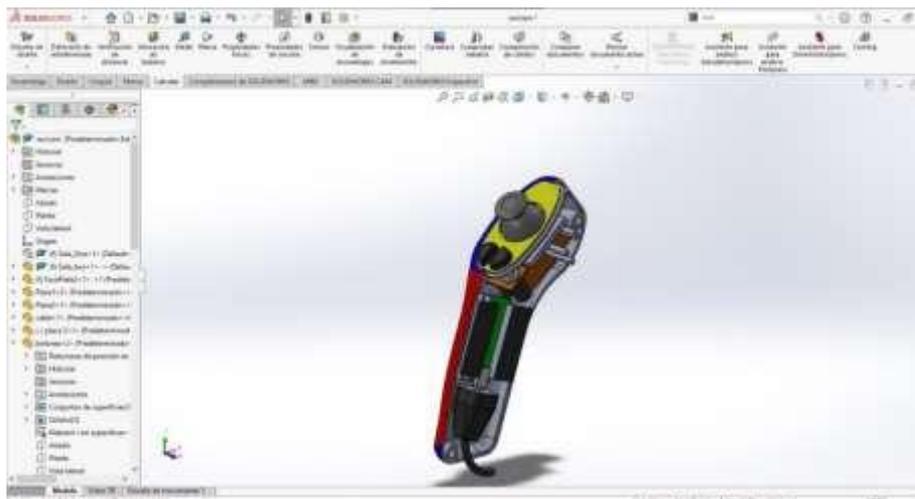
Diseño preliminar del prototipo.



Nota. Vista preliminar del prototipo observamos el ensamble de las dos partes tanto izquierda como derecha.

Figura 10

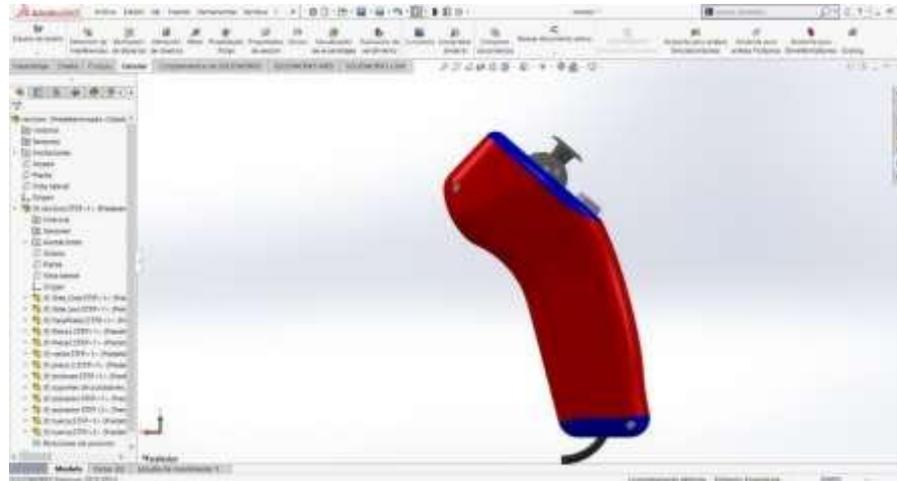
Diseño del lado izquierdo de la carcasa.



Nota. Diseño del lado izquierdo tiene un soporte para la placa de arduino micro y también para el joystick.

Figura 11

Diseño del lado derecho de la carcasa



Nota. En la presente figura se puede apreciar que consta de un soporte para empotrar el joystick y los orificios de los pernos lo cuales servirán para el cierre adecuado de la carcasa.

Figura 12

Diseño de soporte de botones y joystick

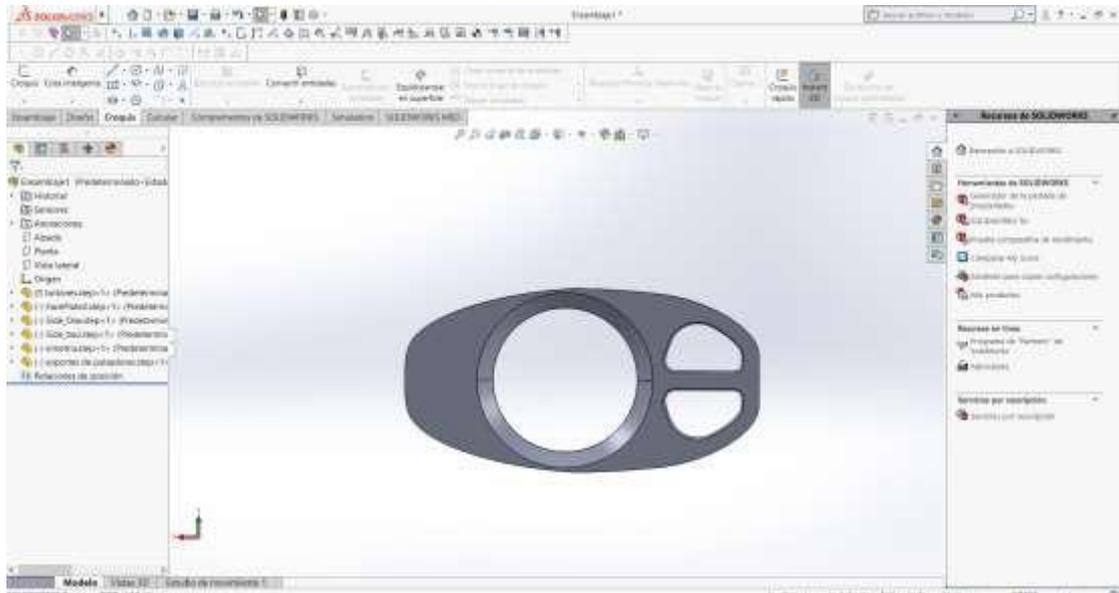
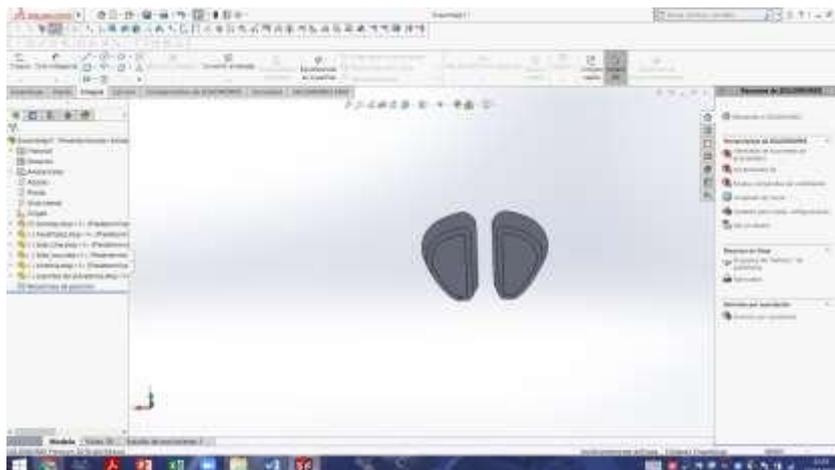


Figura 13

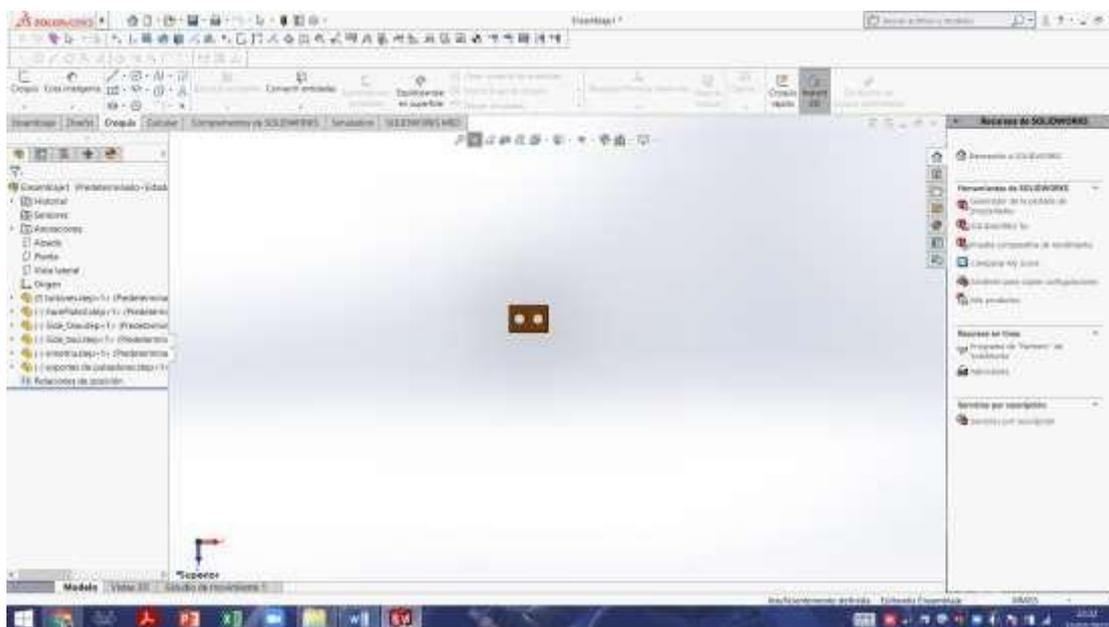
Diseño de botones.



Nota: Diseño de los botones que simularan el click izquierdo y derecho.

Figura 14

Diseño de soporte de pulsadores.



Nota. Placa donde se instalaran los pulsadores

3.1.2. Implementación del prototipo

Para la implementación del prototipo, se consideró necesario el uso de una placa de Arduino Micro, un módulo de pulsadores para simular el click izquierdo y derecho, un joystick de cinco pines que simula el cursor.

Tabla 1*Lista de materiales*

Cantidad	Material
1	Placa de Arduino Micro
1	Módulo de pulsadores
1	Joystick de cinco pines
1	Cable USB
1	Cables UTP
1	Estaño
1	Pasta para soldar

Nota. En la siguiente tabla se puede observar la lista de materiales que vamos a utilizar para la implementación de nuestro dispositivo.

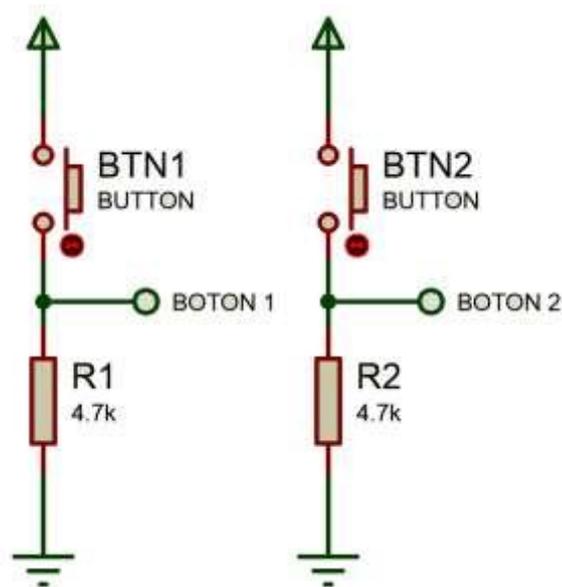
3.1.3. *Diseño y selección del sistema electrónico*

Para el diseño electrónico, se consideró los diferentes módulos de código abierto disponible comercialmente en el país, los cuales me permiten brindar la funcionalidad de un dispositivo periférico de entrada ajustado para persona con movilidad reducida. El dispositivo periférico se diseñó tomando en cuenta la funcionalidad de un dispositivo periférico de entrada de tipo ratón o mouse, el cual posee al menos 2 botones de entrada, uno derecho y uno izquierdo, además de determinar el desplazamiento deseado sobre el cursor dentro de la ventana de trabajo de un dispositivo informático, específicamente una computadora.

Para la implementación de los dos botones de entrada del dispositivo periférico diseñado, se considera la generación de un estado lógico en la entrada del microcontrolador a utilizar, mediante un divisor de voltaje, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 15

Esquematación circuito electrónico



Nota. Esquema electrónico y de simulación del funcionamiento para simular la entrada lógica necesaria.

Para ejecutar el sistema electrónico se lo realizó mediante cableado, debido a las dimensiones y tamaño del dispositivo. Se elaboró un módulo de pulsadores para simular el click izquierdo y derecho el cual luego se soldara con estaño.

A. Soldadura de los pulsadores

Se procedió a soldar los pulsadores para finalizar la elaboración de un módulo de pulsadores el cual es cableado desde la placa baquelita hasta la placa de Arduino Micro.

Figura 16

Soldadura de pulsadores



Nota. Se puede visualizar la soldadura de los pulsadores que simularan el click izquierdo y derecho.

B. Soldadura de los espadines en la placa de Arduino Micro

Para el acoplamiento correcto de los espadines y la placa de Arduino Micros se optó por Soldar con estaño para así asegurar el contacto y así no tener problemas cuando se realice el cableado.

Figura 17

Espadines soldados



Nota. En la siguiente figura se aprecia cómo se está realizando el proceso de soldadura o acople entre la placa de Arduino y los espadines

3.1.4. Desarrollo de la Programación

En el desarrollo del programa se utilizó la interfaz de programación Arduino. Se tomó en cuenta este software, ya que permite realizar aplicaciones de cualquier ámbito ya que posee un lenguaje fácil de procesar y utilizar.

La programación dentro del software se llevó a cabo tomando en cuenta las condiciones de funcionamiento necesarias para el dispositivo periférico de entrada. Dicha programación en su parte inicial consta de declaración de librerías, así como de las variables.

Figura 18

Pantalla Software Arduino



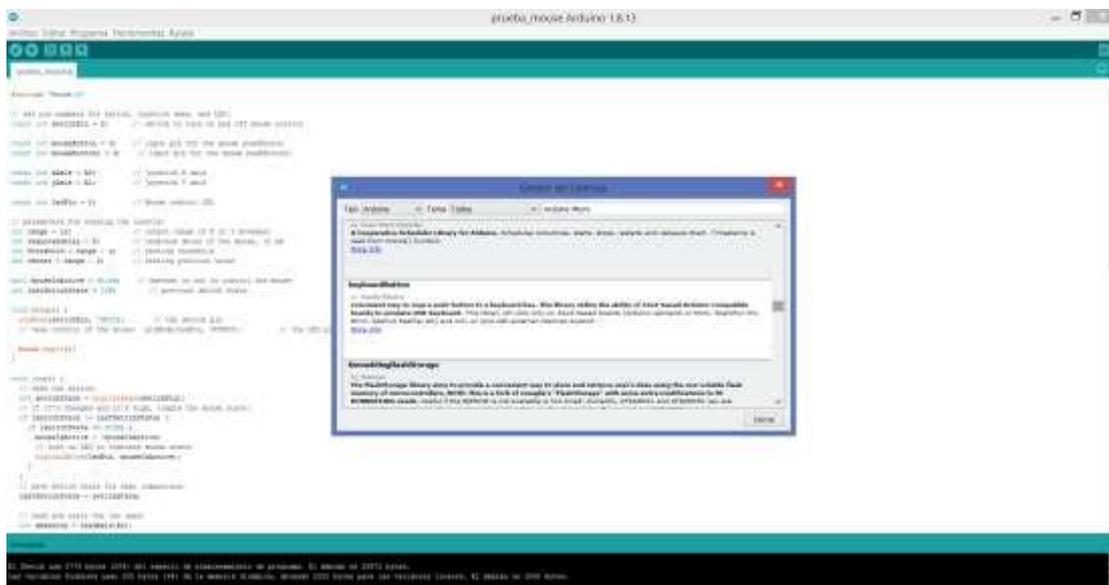
Nota. En la siguiente figura se puede observar la pantalla de inicio del software Arduino, dónde se realizara la correspondiente programación.

A. Codificación de las librerías a utilizar

Al usar la biblioteca Mouse o Keyboard, puede ser mejor probar su salida primero usando `Serial.print()`. De esta manera, puede estar seguro de que sabe qué valores se informan. Se utiliza esta biblioteca `#include <Mouse.h>`

Figura 19

Instalación de librerías



Nota. En la presente figura se puede visualizar la instalación de las librerías que utilizaremos en la programación.

B. Desarrollo

En la *figura 20* Las funciones del mouse permiten que el Arduino, Micro controle el movimiento del cursor en una computadora conectada. Al actualizar la posición del cursor, siempre es relativa a la ubicación anterior del cursor. *Ratón.begin ()*, *Ratón.clic ()*, *Ratón.fin ()*, *Ratón.mover ()*, *Ratón.pulsar ()*, *Ratón.liberar ()*, *Mouse.isPressed ()*.

Figura 20

Programación

```
int main() {
    // Declaración de variables
    int edad;
    float altura;
    string nombre;

    // Solicitar datos al usuario
    cout << "Ingrese su nombre: ";
    getline(cin, nombre);

    cout << "Ingrese su edad: ";
    cin >> edad;

    cout << "Ingrese su altura: ";
    cin >> altura;

    // Mostrar los datos ingresados
    cout << "Nombre: " << nombre << endl;
    cout << "Edad: " << edad << endl;
    cout << "Altura: " << altura << endl;

    return 0;
}
```

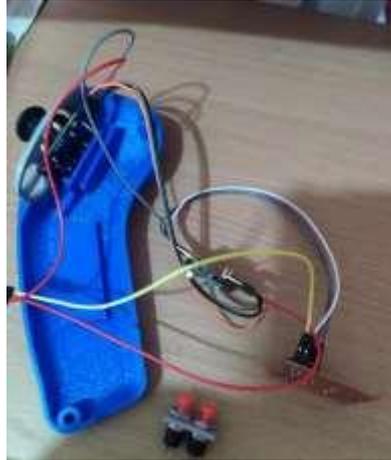
Nota. En la siguiente figura se puede observar la codificación de la programación que vamos a utilizar para nuestro dispositivo periférico de entrada.

C. Ensamblaje del prototipo

En la *figura 21* observaremos el proceso de ensamble del prototipo anticipadamente impreso en 3D, el cual esta acoplado con las medidas exactas de los elementos para así obtener el resultado final de todo el presente proyecto.

Figura 21

Proceso de ensamble



Nota. En la siguiente figura se puede observar el proceso de ensamble del prototipo, donde cada elemento quedara acoplado en la parte interna del mismo.

D. *Resultado final*

En la *figura 22* apreciaremos el resultado final con todos los elementos ya instalado en la parte interna del prototipo, armado el mismo y realizando su funcionalidad de forma correcta.

Figura 22

Prototipo final



Nota. En la siguiente figura observamos el prototipo del dispositivo periférico de entrada ya culminado, donde el joystick hará la función del curso del ordenador y las botoneras serán la simulación de click tanto izquierdo como derecho.

3.2. Análisis económico del proyecto

Como se había estipulado desde un principio el costo del proyecto sería de bajo costo, por lo que el valor de sus elementos no tiene un precio de compra muy alto.

Seguidamente, se presentará una tabla general donde se detallará el valor y la cantidad de los materiales e impresiones 3D que se realizó para la elaboración del prototipo.

Tabla 2

Lista general

Lista de Materiales			
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	TOTAL
Arduino Micro	1	\$ 65,00	\$ 65,00
Cable USB	1	\$ 1,50	\$ 1,50
Estaño	1	\$1,25	\$ 1,25
Placa Baquelita	1	\$ 1,25	\$ 1,25
Ácido para Placa	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Cable flexible	2	\$ 0.80	\$ 1,60
Joystick de cinco pines	1	\$2,00	\$2,00
Impresión Carcasa	1	\$ 20,00	\$ 15,00
TOTAL			\$ 88,60

Nota. Se desarrolló una tabla de costos generales de todos los elementos que se utilizó para el desarrollo del prototipado.

Capítulo IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Se implementó un dispositivo periférico de entrada mediante el uso de un Arduino Micro el cual en su configuración utiliza código abierto de esta manera podrá mejorar la interacción hombre máquina para personas con movilidad reducida utilizando un diseño mecánico ergonómico adecuado y brindar comodidad a sus usuarios.
- Se diseñó y se manufacturo un prototipo mecánico mediante el uso del software de diseño 3D SOLIDWORKS. Tomando como punto de partida la mano de una persona adulta con movilidad reducida; garantizando la ergonomía de esta manera evitar efectos secundarios cuando use el dispositivo durante largos periodos de tiempo.
- El diseño del sistema electrónico se lo realizó en el software PROTEUS, el mismo que nos ayudó con la simulación de un divisor de voltaje el cual sirvió para realizar el módulo de pulsadores que simularan el click izquierdo y el click derecho en el dispositivo periférico de entrada.
- Una vez concluido con el diseño mecánico y el sistema electrónico se procedió a realizar pruebas con el dispositivo periférico de entrada en tiempo real para verificar el correcto funcionamiento cada uno de los elementos electrónicos y mecánicos del mismo; obteniendo resultados positivos donde el curso del

computador es manejado con el Joystick y el módulo de pulsadores simula el click izquierdo y derecho.

4.2. Recomendaciones

- Cuando se realiza programación de cualquier dispositivo electrónico, se recomienda verificar que el software a utilizar contengan las librerías más recientes disponibles en el medio, en lo posible buscar Software de código abierto.
- En caso del diseño mecánico tomar en cuenta las dimensiones de los elementos que se pondrá en la parte interna del dispositivo para tener medidas lo más exactas posibles evitando reprocesos e inconvenientes al ensamblar obteniendo un dispositivo sin la adecuada ergonomía que dificultará el uso del prototipo.
- Una vez concluido el presente proyecto puede tomar como modelo el desarrollo de este prototipo para en un porvenir se realice un diseño más refinado, realizando una mejor programación y así implementar mejoras para el funcionamiento del mismo.
- Antes de finalizar en nuestro sistema eléctrico y electrónico es importante verificar el tipo de material que se utilizará para el desarrollo del mismo, debido a que en ocasiones se llegan a romper los alambres que se ha utilizado para el cableado.

Bibliografía

ARDUINO.cl. (2019). *¿Qué es Arduino?* Recuperado el 22 de Junio de 2021, de

<https://arduino.cl/que-es-arduino/>

Maradei, M. F., Maldonado, F., & Gómez, C. A. (2009). Aplicación de la ergonomía en el desarrollo de un periférico de entrada y control de datos para discapacitados.

Revista UIS Ingenierías, 8(1), 65-75. Recuperado el 12 de Diciembre de 2021

Alava, M. J. Dispositivos de Entrada de Información Recuperado el 12 de Diciembre de 2021

das Neves, A. R. N. (2016). Periféricos e Suprimentos. Recuperado el 25 de Diciembre de 2021

Cataldi, Z., & Salgueiro, F. (2007). Software libre y código abierto en educación. *Quaderns Digitals*, 48, 01-12. Recuperado el 15 de Enero de 2022

Dols, J. (1997). Simulación del comportamiento dinámico de personas con movilidad reducida (pmr) aplicado al transporte. Guías de diseño de sistemas de seguridad (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). Recuperado el 15 de Enero de 2022

Rodríguez, C. C. (2004). Sobre el concepto de discapacidad. Una revisión de las propuestas de la OMS. *Auditio*, 2(3), 74-77. Recuperado el 15 de Enero de 2022

Mundial, B. (2011). Informe mundial sobre la discapacidad 2011. Recuperado el 15 de Enero de 2022

Artero, Ó. T. (2013). *Arduino. Curso práctico de formación*. RC libros. Recuperado el 18 de Enero de 2022

Boylestad, R. L., Nashelsky, L., Barraza, C. M., & Fernández, A. S. (2003). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos (Vol. 8)*. PEARSON educación. Recuperado el 28 de Enero de 2022

Albert, A. L. (1962). *Electrónica y dispositivos electrónicos*. Reverté. Recuperado el 29 de Enero de 2022

Anexos