

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE COMPUTACIÓN

Tema: “Software Neuronal para el manejo de un Exo-brazo”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingenieros en Ciencias de la Computación

AUTORES: Ascanta Imbaquingo Jefferson Armando
Calderón Cifuentes Anthony Lenin

TUTOR: Ing. Lascano Rivera Samuel Benjamín MSc.

Tulcán, 2024.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que los estudiantes(s) Ascanta Imbaquingo Jefferson Armando y Calderón Cifuentes Anthony Lenin con el número de cédula 1756190276 y 1004617203 respectivamente han desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Software Neuronal para el manejo de un Exo-brazo".

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Ing. Lascano Rivera Samuel Benjamín MSc.

TUTOR

Tulcán, junio de 2024

AUTORÍA DE TRABAJO

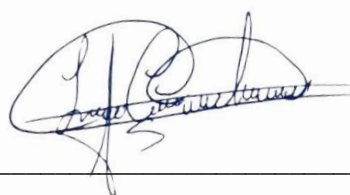
El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingenieros en la Carrera de computación de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Nosotros, Ascanta Imbaquingo Jefferson Armando y Calderón Cifuentes Anthony Lenin con cédula de identidad número 1756190276 y 1004617203 respectivamente declaramos que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que hemos llegado son de nuestra absoluta responsabilidad.



Ascanta Imbaquingo Jefferson Armando

AUTOR



Calderón Cifuentes Anthony Lenin

AUTOR

Tulcán, junio de 2024

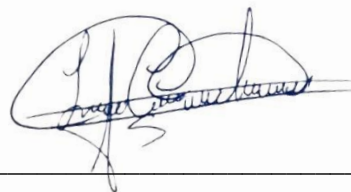
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Nosotros, Ascanta Imbaquingo Jefferson Armando y Calderón Cifuentes Anthony Lenin declaramos ser autores de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Software Neuronal para el manejo de un Exo-brazo" y se exime expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Ascanta Imbaquingo Jefferson Armando

AUTOR



Calderón Cifuentes Anthony Lenin

AUTOR

Tulcán, junio de 2024

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la vida, el conocimiento y la capacidad de poder desarrollar este proyecto siempre manteniéndonos humildes y reconociendo su grandeza en este mundo.

A toda nuestra familia por el apoyo incondicional especialmente a nuestros padres que nos guiaron por el camino del bien, convirtiéndose en nuestro motor de impulso y nuestra fuerza para alcanzar este objetivo. Gracias por formar en nosotros jóvenes con principios y valores sin perder las esperanzas que lo vamos a lograr.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por compartir una educación de calidad y que nos abrió las puertas para formarnos como profesionales e innovar para transformar el mundo.

A la carrera de Computación y docentes por los conocimientos impartidos formando en nosotros profesionales capaces de promover y generar soluciones tecnológicas que evolucionen la sociedad.

A nuestro tutor Msc. Samuel Lascano por ser nuestro guía en este camino, brindándonos su apoyo, dedicación y predisposición en lograr esta investigación, además felicitándole por ser una excelente docente ya que en el transcurso de nuestra formación nos ha compartido su conocimiento, experiencia y una amistad sincera.

A Anthony Calderón por la dedicación, perseverancia y predisposición de contribuir con conocimiento e investigación para dar cumplimiento al presente trabajo de titulación.

A Jefferson Ascanta por apoyar con su entusiasmo y dedicación para que se desarrolle y se culmine con éxito la investigación.

DEDICATORIA

A Dios que me ha dado la fuerza que necesitaba, me ha cuidado y me ha acompañado en el camino de mi vida hasta ahora.

A mis padres especialmente a mi madre Rosa Imbaquingo por ser el motor que impulsa cumplir cada uno de mis sueños, por ser unos excelentes padres enseñándome los valores y principios, llevando por un camino de bien, por sus buenos consejos que me daban e hiciera que cumpliera este logro y por estar siempre pendiente de mí, motivando día a día hasta el final.

A mis familiares por el apoyo brindado, principalmente a mis abuelitos, tíos, tías y primos porque con sus palabras y consejos que hicieron de mí una mejor persona, demostrando que la humildad llevara a oportunidades grandes, con cada una de sus motivaciones hicieron ver que se puede lograr cualquier cosa.

A mis amigos por los buenos momentos compartidos y su amistad.

Jefferson Ascanta

A mi padre Dios por estar conmigo, regalarme cada día de mi vida y darme la sabiduría, la capacidad para desarrollar cualquier contexto de la vida que se presente, él es quien cada día me fortalece y me enseña a ser fuerte por para el no hay nada imposible.

A mi madre Catalina Cifuentes por ser un admirable modelo de mujer, un ejemplo de madre que sin importar las adversidades de la vida siempre se esfuerza por darme un mejor futuro, por ser quien infunde en mi valores y principios que me transforman en mejor persona. Gracias por haberme dado la vida y criado hasta este momento, ella es mi impulso y mi fuerza para seguir superándome, orgulloso de tener a mi madre.

A mi padre Luis Calderón por siempre estar pendiente de mi vida y preocuparse por mi futuro, siempre formándome mi personalidad con cada consejo, cada experiencia que ha tenido para que pueda madurar y forjarme como un hombre humilde, disciplinado y con mucho entusiasmo de sobresalir, ha sido mi pilar súper importante que me ha fortalecido para llegar a cumplir este objetivo.

A mis Hermanos Cristian, Katherine y Lizeth por sus buenos deseos y siempre dándome un abrazo de aliento para nunca desmayar y cumplir lo que me propongo, ellos que me han ayudado a crecer físicamente y sentimentalmente.

A mis Abuelitos por su apoyo, por siempre creer en mí que puedo sobresalir ante la sociedad y seguir hacia un mejor futuro.

Anthony Calderón

ÍNDICE

RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	18
I. EL PROBLEMA	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.3. JUSTIFICACIÓN	20
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	21
1.4.1. Objetivo General	21
1.4.2. Objetivos Específicos.....	21
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	21
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. Ingeniería de software	24
2.2.2. Metodología XP (Extreme Programming)	25
2.2.2.1. Roles.....	26
2.2.2.2. Fases de la metodología	26
2.2.2.3. características	28
2.2.2.4. ¿Por qué elegir la metodología XP?	29
2.2.3. software neuronal.....	29
2.2.4. Diadema neuronal	30
2.2.5. Tipos de diadema	31
2.2.6. Diadema NeuroSky MindWave	32
2.2.6.1. ¿Qué puede hacer con los auriculares MindWave?	32
2.2.6.2. Diferencias de versión	33
2.2.7. Centros de Terapia Física y Rehabilitación.....	33

2.2.8. Rehabilitación	34
2.2.8.1. Neurología.....	34
2.2.8.2. Musculoesquelética.....	35
2.2.8.3. Cardiopulmonar	35
2.2.8.4. Pediatría	35
2.2.9. Extremidades superiores.....	35
2.2.10. Discapacidad Física.....	35
2.2.11. Exo-brazo	36
2.2.12. Tipos de prototipos de Exo-brazo.....	36
2.2.13. Selección del material para el Exo-brazo.....	37
2.2.13.1. Filamento PLA	37
2.2.13.2. MDF.....	37
2.2.14. Impresora 3D Anycubic	38
2.2.15. Arduino nano chip Ch340 + cable	39
2.2.16. Servo Sg 5010 tower pro	40
2.2.17. Módulo de Carga Tp4056	41
2.2.18. Módulo Bluetooth HC 05	42
2.2.19. Software para diseño del Exo-brazo	43
2.2.19.1. Solidworks	43
2.2.19.2. ¿Qué funcionalidades tiene Solidworks como software?.....	44
2.2.20. Normas IPC	44
2.2.21. LabVIEW	45
2.2.22. Interacción Hombre Máquina.....	46
III. METODOLOGÍA.....	47
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	47
3.1.1. Enfoque mixto	47
3.1.2. Tipos de Investigación	47
3.1.2.1. Investigación exploratoria	47

3.1.2.2. Investigación descriptiva	47
3.1.2.3. Investigación de acción	48
3.2. IDEA A DEFENDER	48
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	48
3.3.1. Definición de las variables	48
3.3.1.1. Variable Independiente	48
3.3.1.2. Variable Dependiente.	48
3.3.2. Operalización de las variables.....	49
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	51
3.4.1. Métodos	51
3.4.2. Técnicas	51
3.4.2.1. Encuesta.....	51
3.4.2.2. Entrevista	51
3.4.2.3. Población	52
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	52
3.5.1 Análisis de encuesta	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1. ENCUESTA.....	58
4.2. PROPUESTA.....	58
4.2.1. Materiales necesarios	59
4.2.2. Estudio de factibilidad	59
4.2.2.1. Factibilidad Técnica.....	59
4.2.2.2. Factibilidad económica	60
4.2.3. Metodología XP	62
4.2.3.1. Fase de planificación.....	62
4.2.3.2. Fase de diseño	68
4.2.3.3. Fase de codificación	74
4.2.3.4. Fase de pruebas	77

4.3. RESULTADOS	81
4.3.1. Electrónica y funcionamiento	81
4.3.2. Conexión Bluetooth	86
4.3.3 Resultados de la investigación.....	89
4.4. DISCUSIÓN	90
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.1. CONCLUSIONES	92
5.2. RECOMENDACIONES	93
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
VII. ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Diademas Neuronales	31
Tabla 2. Detalles de la diadema Neurosky Mindwave.....	33
Tabla 3. Características del Exo-brazo.....	37
Tabla 4. Características del Servomotor.....	41
Tabla 5. Características del módulo de carga	42
Tabla 6. Características del módulo bluetooth	43
Tabla 7. Variable Independiente.....	49
Tabla 8. Variable Dependiente.....	50
Tabla 9. Personas interesadas en el proyecto de investigación.....	59
Tabla 10. Características de los materiales.....	59
Tabla 11. Equipos Software utilizados.....	60
Tabla 12. Equipos Hardware utilizados.....	60
Tabla 13. Equipos electrónicos utilizados.....	60
Tabla 14. Equipo diadema Neurosky Mindwave	61
Tabla 15. Roles	62
Tabla 16. Estimación de tiempo.....	62
Tabla 17. Historia de usuario encender la diadema.....	62
Tabla 18. Historia de usuario colocación de la diadema.....	63
Tabla 19. Historia de usuario montar el Exo-brazo.....	63
Tabla 20. Historia de usuario implementación de las baterías.....	63
Tabla 21. Historia de usuario conexión de la alimentación de la placa Arduino	63
Tabla 22. Historia de usuario implementación de las baterías.....	63
Tabla 23. Historia de usuario ingreso a la interfaz gráfica.....	64
Tabla 24. Historia de usuario desplazamiento en el eje y del prototipo	64
Tabla 25. Compra de batería	64
Tabla 26. Compra de la diadema.....	64
Tabla 27. Instalación del software App Central	64
Tabla 28. Diseño del Exo-brazo	65
Tabla 29. Presentación del diseño del Exo-brazo a un experto.....	65
Tabla 30. Compra del material PLA	65
Tabla 31. Impresión del Exo-brazo	65
Tabla 32. Rediseño de las férulas.....	65
Tabla 33. Ensamblar las piezas del Exo-brazo	66

Tabla 34. Compra de baterías	66
Tabla 35. Compra de cable USB	66
Tabla 36. Compra de implementos electrónicos	66
Tabla 37. Construir el circuito	66
Tabla 38. Desarrollo del código en lenguaje C	67
Tabla 39. Presentación del nivel de atención	67
Tabla 40. Desarrollo de la interfaz gráfica	67
Tabla 41. Prueba de funcionamiento.....	67
Tabla 42. Estimación de tareas de usuario	68
Tabla 43. Plan de entrega del proyecto	68
Tabla 44. Prueba de aceptación encendido correcto de la diadema.....	77
Tabla 45. Prueba de aceptación encendido incorrecto de la diadema.....	77
Tabla 46. Prueba de aceptación colocación correcta de la diadema.....	77
Tabla 47. Prueba de aceptación colocación incorrecta de la diadema.....	78
Tabla 48. Prueba de aceptación adaptación correcta del Exo-brazo.....	78
Tabla 49. Prueba de aceptación adaptación incorrecta del Exo-brazo.....	78
Tabla 50. Prueba de aceptación implementación correcta de las baterías.....	78
Tabla 51. Prueba de aceptación implementación incorrecta de las baterías.....	79
Tabla 52. Transmisión de energía	79
Tabla 53. Prueba de aceptación operación correcta del circuito.....	79
Tabla 54. Prueba de aceptación operación incorrecta del circuito.....	80
Tabla 55. Prueba de aceptación ingreso correcto a la interfaz gráfica.....	80
Tabla 56. Prueba de aceptación ingreso incorrecto a la interfaz gráfica	80
Tabla 57. Prueba de aceptación desplazamiento correcto del prototipo.....	81
Tabla 58. Prueba de aceptación desplazamiento incorrecto del prototipo.....	81
Tabla 59. Pasos para la evaluación de las pruebas.....	81
Tabla 60. Diferencias de la aplicación con los antecedentes.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El software permite el desarrollo de programas informáticos.....	25
Figura 2. Red neuronal	30
Figura 3. Diadema Neurosky Mindwave Mobile 2	33
Figura 4. Prototipo del Exo-brazo	36
Figura 5. Impresora 3D	38
Figura 6. Arduino Nano.....	39
Figura 7. Servomotor SG 5010.....	40
Figura 8. Módulo de carga.....	41
Figura 9. Modulo bluetooth	42
Figura 10. Software SolidWorks	43
Figura 11. Pregunta 1	52
Figura 12. Pregunta 2.....	53
Figura 13. Pregunta 3.....	53
Figura 14. Pregunta 4.....	54
Figura 15. Pregunta 5.....	55
Figura 16. Pregunta 6.....	55
Figura 17. Pregunta 7.....	56
Figura 18. Pregunta 8.....	56
Figura 19. Pregunta 9.....	57
Figura 20. Pregunta 10.....	57
Figura 21. Diseño de la diadema.....	69
Figura 22. Diseño férula antebrazo (Solidworks)	69
Figura 23. Diseño férula de brazo (Solidworks).....	70
Figura 24. Diseño manivela (Solidworks)	70
Figura 25. Diseño de la biela (Solidworks).....	71
Figura 26. Diseño de la tapa (Solidworks).....	71
Figura 27. Diseño de la unión de la tapa (Solidworks).....	72
Figura 28. Diseño de la caja para el servomotor (Solidworks).....	72
Figura 29. Diseño del pin (Solidworks)	73
Figura 30. Diseño interfaz gráfica.....	73
Figura 31. Diseño interfaz grafica.....	74
Figura 32. Incluir las librerías	74
Figura 33. Inicializar las variables.....	75

Figura 34. Definición del led.....	75
Figura 35. Impresión de los datos	76
Figura 36. Condición para los leds y el servomotor.....	76
Figura 37. Programación en bloques	76
Figura 38. Código Fuente en Arduino	83
Figura 39. Señales de diadema Atención, Meditación	83
Figura 40. Pruebas de Atención y Meditación.....	84
Figura 41. Inicio de sesión login	84
Figura 42. Circuito de Login	85
Figura 43. Interfaz gráfica completa	85
Figura 44. Circuito de la interfaz gráfica	86
Figura 45. Reportes de datos	86
Figura 46. Pruebas de conexión de Bluetooth	87
Figura 47. Conexión del pin en la protoboard.....	87
Figura 48. Focos de los movimientos	88
Figura 49. Exo-brazo posición en los 90°.....	88
Figura 50. Exo-brazo posición 0	89
Figura 51. Pruebas con los expertos.....	89
Figura 52. Pruebas de la Diadema y Exo-brazo	90
Figura 53. Pruebas de funcionamiento completo.....	90
Figura 54. Acta estudiante 1	98
Figura 55. Acta Estudiante 2	99
Figura 56. Certificado Abstrac.....	101
Figura 57. Permiso Rehabilitación.....	102
Figura 58. Autorización FATLAB.....	103
Figura 59. Anti-plagio (Turnitin.....	104
Figura 60. Encuesta a los pacientes	108
Figura 61. Donaciones materiales.....	109

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	98
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	100
Anexo 3. Aprobación del centro de Terapia y rehabilitación FisioSalud	102
Anexo 4. Autorización utilización de impresoras del FATLAB.....	103
Anexo 5. Informe de anti-plagio (Turnitin)	104
Anexo 6. Encuesta	105
Anexo 7. Donación de materiales del proyecto.....	109

RESUMEN

La presente investigación ha tenido por objetivo elaborar, software neuronal para el manejo de un Exo-brazo en el Centro de Terapia Física y Rehabilitación FisiSalud de la ciudad de Tulcán, donde; se identificó que el centro de FisiSalud no cuenta con la implementación de herramientas tecnológicas. La fundamentación teórica que se realizó en la investigación permitió sustentar bibliográficamente por medio de trabajos de titulación, artículos, entre otros obteniendo información necesaria acerca de las herramientas tecnológica que utilizan una diadema neuronal con aplicación en apoyar discapacidades físicas. Para el desarrollo del sistema informático se hizo uso de la metodología ágil Extreme Programming (XP), el cual permitió llevar de manera ordenada cada una de sus fases. Posterior a la finalización de los módulos se realizó la fase de pruebas al software con el propósito de verificar su funcionamiento y aceptación de los pacientes elegidos para la validación del aplicativo propuesto, obteniendo como resultados que mediante una interfaz gráfica se pueda visualizar los niveles de atención y meditación para los movimientos requeridos del Exo-brazo a un cierto grado de libertad. Cabe mencionar que para el desarrollo del proyecto se utilizó la diadema Neurosky Mindwave, un dispositivo de costo accesible e inteligente para la adquisición y envío de señales del cerebro.

Palabras claves: Software Neuronal, Exo-brazo, Extreme Programming (XP), Mindwave Neurosky, Señales Cerebrales.

ABSTRACT

The objective of this research has been to develop neural software for an Exo-arm control in the FisioSalud Physical Therapy and Rehabilitation Center of the city of Tulcán, where it was identified that the FisioSalud center does not have the implementation of technological tools. The theoretical foundation carried out in the research allowed bibliographic support through degree works, articles, among others, obtaining necessary information about the technological tools that use a neural headband with application in supporting physical disabilities. For the development of the computer system, the agile Extreme Programming (XP) methodology was used, which allowed each of its phases to be carried out in an orderly manner. After the completion of the modules, the software testing phase took place with the purpose of verifying its operation and acceptance of the patients chosen for the validation of the proposed application, getting as results that through a graphic interface the levels of care can be displayed and meditation for the movements required of the Exo-arm to a certain degree of freedom. It is worth mentioning that for the development of the project, the Neurosky Mindwave headband was used, an affordable and intelligent device for the acquisition and sending of brain signals.

Keywords: Neural Software, Exo-arm, Extreme Programming (XP), Mindwave Neurosky, Brain Signals.

INTRODUCCIÓN

Actualmente contamos con diversos sistemas informáticos según González J., Bariffi F. (2023) dicen que, nos permiten realizar una conexión entre diversos dispositivos que contribuyen con las investigaciones tecnológicas, las ciencias médicas en conjunto con las ciencias de la computación se han visto beneficiadas, surgiendo la necesidad de diseñar herramientas que faciliten y mejoren la ejecución de tareas cotidianas realizadas por individuos que tienen problemas de movilidad en sus extremidades superiores, los conocimientos previos para el entendimiento y la implementación de este software neuronal se basa en tres campos fundamentales: Interfaz cerebro-computado, mecatrónica y la programación. El presente tema de investigación tiene como propósito desarrollar un software neuronal del manejo de un Exo-brazo, donde la asistencia que va a brindar este sistema va a beneficiar directamente a las personas con discapacidad física en sus extremidades superiores, debido a lesiones o accidentes, convirtiéndose en problemas laborales como dificultad en escribir, manejar un equipo informático o conducir un vehículo.

En la sección uno, enfoca al planteamiento del problema con su respectiva explicación en donde se detalla la importancia que tiene el desarrollar este proyecto, se realiza una delimitación del proyecto para obtener contenido específico que contribuya al desarrollo de nuestra investigación, además se plantea objetivos a alcanzar con sus respectivas preguntas de la investigación. La segunda sección se construye las bases teóricas sobre software neuronal y el Exo-brazo que serán enlazados mediante la interfaz cerebro-computador, conjuntamente con herramientas que se utilizaron en el desarrollo del proyecto, la metodología XP para el desarrollo y verificación del funcionamiento del software. La tercera sección muestra la metodología de la investigación en donde define los enfoques de la investigación los tipos de investigación, se propone una idea a defender, además se identifican operacionalización de variables del estudio que se realizó, estableciendo métodos, técnicas empleadas en el desarrollo del proyecto. La cuarta sección se reflejan resultados del análisis de encuestas y la propuesta final juntamente con conclusiones y recomendaciones. La quinta sección se reflejan las bibliografías. La última sección nos presenta anexos que es la información complementaria sobre la investigación realizada.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas informáticos en la actualidad permiten la comunicación de dispositivos de diversa índole entre los portables y los usables, la mecatrónica, electrónica, la ingeniería de software, la interacción hombre máquina, el internet de las cosas, la inteligencia artificial contribuyen en las diferentes investigaciones tecnológicas, uno de los campos que se han beneficiado de estas disciplinas son las ciencias médicas que en conjunto con las ingenierías han permitido observar dispositivos de ayuda para las personas con problemas de movilidad en sus extremidades, estos sistemas informáticos se han convertido en herramientas prioritarias de seguridad, inteligentes y capaces debido a los avances tecnológicos, el software contribuye a los pacientes que tienen inmovilidad física debido a una serie de situaciones, accidentes, lesiones u otras.

A nivel nacional existe un gran número de usuarios con problemas de movilidad física. Para (INEC, 2020) Instituto Nacional Estadísticas y Censos, en el Ecuador existen alrededor de 476.360 personas con discapacidades diferentes de las cuales el 46% corresponde a discapacidad física, correspondiente al 2,7% de la población, en este sentido el gobierno nacional según el mismo informe del INEC busca incentivar el desarrollo tecnológico para estas personas.

Lidiar con problemas laborales como escribir, utilizar una computadora, realizar labores domésticas o conducir un vehículo, pueden transformarse en tareas complejas para personas con dificultades en sus extremidades, enfrentándose a múltiples problemas emocionales que afectan su salud mental como es la depresión, tristeza, ansiedad, decaimiento, entre otros. La necesidad del hombre por utilizar una herramienta ergonómica que interactúen de forma física apoyados en un sistema informático, son los horizontes que hoy se vislumbra desde las ciencias de la computación.

En la ciudad de Tulcán en el Centro de Terapia Física y Rehabilitación FísioSalud, no se evidencia el desarrollo tecnológico debido a diferentes aspectos desde la parte comercial y geopolítica, para la presente investigación se indago en las bibliotecas de las universidades locales sin encontrar información de proyectos aplicados a la solución de problemas con la interacción hombre máquina

Según (JIMENEZ, 2018), menciona que la discapacidad es una condición integral que requiere una intervención adecuada. Es esencial desarrollar estrategias, objetivos y soluciones para mejorar la rehabilitación de los pacientes con discapacidad física. Esto implica optimizar las herramientas que facilitan estos procesos.

Combinar dispositivos tecnológicos permiten a los pacientes obtener una recuperación de movilidad, impidiendo el desarrollo de enfermedades más complejas.

La interacción continua entre ingenieros, científicos y médicos sigue siendo esencial para encontrar un híbrido entre los logros técnicos, la comprensión de los mecanismos patológicos y el beneficio clínico, para evolucionar esta poderosa técnica.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo un software neuronal puede manipular el movimiento de un Exo-brazo para el beneficio de personas con discapacidades físicas en sus extremidades superiores?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El sistema informático que se controla mediante la diadema neuronal combinado con el Exo-brazo, pretende beneficiar directamente a los pacientes que han perdido movilidad en sus extremidades superiores, debido a accidentes o lesiones.

El Exo-brazo nos va a servir para lo más importante que es el desarrollo del software neuronal en donde van a intervenir la programación, internet de las cosas, interacción hombre máquina, Ingeniería de software, Inteligencia artificial y la mecatrónica. El movimiento del Exo-brazo mediante ondas cerebrales tiene un gran campo de desarrollo, ya que con esto se puede ayudar a muchas personas no solo en la ciudad de Tulcán sino también a nivel nacional.

En el mundo actual, es importante utilizar la tecnología en los campos de la salud y la rehabilitación para dar a las personas con discapacidad la oportunidad de reintegrarse en sus entornos laborales y sociales. Aunque los gobiernos se esfuerzan

por evitar que las personas con limitaciones físicas queden aisladas de la sociedad, es difícil conseguirlo a menos que traten activamente de recuperar sus capacidades naturales mediante el desarrollo de tecnologías facilitadoras.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Elaborar un software neuronal para el manejo de un Exo-brazo en el Centro de Terapia Física y Rehabilitación Fisisalud de la Ciudad de Tulcán.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Documentar bibliográficamente las variables de estudio para el desarrollo de un software neuronal.
- Comprender los procesos de desarrollo del Exo-brazo para la funcionalidad en los pacientes.
- Diseñar un sistema informático para el manejo de un Exo-brazo para extremidades superiores controlado mediante un software neuronal.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál fundamentación teórica conceptual podría dar sustento a las variables de estudio para el desarrollo de un software neuronal?
- ¿Cómo los procesos de desarrollo del Exo-brazo permitirá la funcionalidad en los pacientes?
- ¿Qué características debería tener el sistema informático para el manejo de un Exo-brazo para extremidades superiores controlado mediante un software neuronal?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La academia de investigación en matemáticas aplicadas (IIMAS) de la Universidad de México (UNAM), elaboro una prótesis robótica que puede ser controlada mediante ondas cerebrales, Francisco Neri destaco los esfuerzos que requiere y manejo de la prótesis, para controlar la prótesis es fundamental concentrarse y en una orden que va a recibir la prótesis para lo cual el estudiante es necesario que realice un entrenamiento previo para manipular la prótesis mediante señales encefalografías.

“Es tan fácil como desear ir hacia arriba o abajo, pero al mismo tiempo resulta muy complejo, porque emitir un pensamiento claro y distinguible requiere práctica. Usualmente tenemos, a un mismo tiempo, muchas ideas corriendo por nuestra cabeza. Tomar una sola y limpiarla de toda interferencia no es algo que se logre de la noche a la mañana”.

Según Jiménez D. (2018) dice que, según datos recopilados por ARL Sura, en 2015 en Colombia murieron 141 personas por accidentes laborales y 201 quedaron incapacitadas por accidentes de tránsito. Lamentablemente lo anterior es una de las consecuencias negativas del crecimiento de la industria de accidentes. Pero, sobre todo, la afección está relacionada con lesiones causadas por trabajos repetitivos o simplemente con una baja por enfermedad de corta duración debido a un accidente que le deja incapaz de mover las extremidades superiores o inferiores. p,3.

Gran parte de estas actividades conducen al desarrollo de enfermedades que dificultan parcial o permanentemente la movilidad de los miembros humanos con el aumento de la velocidad de trabajo y la gestión de cargas.

Como se ha mencionado anteriormente, los movimientos pesados o repetitivos que provocan lesiones acumulativas se conocen como trastornos musculoesqueléticos

(TME), y su prevención, tratamiento y legislación cobran cada vez más importancia en términos de seguridad y riesgos laborales. importante. p,3

Para Toapanta. C (2018) menciona que, se desarrolló un proyecto con una silla de ruedas electrónica controlada por señales cerebrales, la idea principal es adquirir señales encefalografías a través del sensor que tiene la diadema Mindwave Mobile 2, que transmite una serie de datos acerca de ondas eléctricas que tiene el cerebro, lleva una automatización en sus equipos electrónicos y la organización estructurada de la silla de ruedas con un costo bajo comparado con los grande instrumentos que existen en la actualidad introduciendo varios dispositivos con costos accesible, dando a conocer la evolución de la tecnología que han desarrollado con este proyecto.

Se incorpora una tarjeta Arduino mega 2560 R3 que se conecta al Bluetooth HC-05 ayuda a receptar las señales mentales a través de las ondas que captan la atención. Concentración y parpadeo, para posterior con la señal del parpadeo poder seleccionarla dirección que va a tomar el dispositivo mecánico que transportara al paciente, mientras las ondas de atención y concentración proporcionaran el control para activar o desactivar los motores.

Según Pinos E. (2016) dice que, se diseñó y desarrolló una interfaz con la interacción hombre-maquina manipulando el dispositivo de lectura Muse EEG, basado su lenguaje Python 2.7, La idea es preparar herramientas que trabajen en el análisis de ondas cerebrales conjuntamente con nuevas variables de interés. Se debe tomar en cuenta que al desarrollar la interfaz se debe analizar las bases neurofisiológicas de la corteza cerebral, la interfaz hombre-maquina, las características del instrumento Muse, los fundamentos del procesamiento de señales y la interfaz implementada en Python. Se obtiene un conjunto una data para crear señales de control para agregar a la interfaz y usar como elementos interactivos. Las señales cerebrales registradas incluyeron frecuencias cerebrales alfa y beta, potenciales evocados visuales en estado estacionario (SSVEP) y potenciales cognitivos (P300). Estas grabaciones se procesaron y analizaron utilizando el programa Matlab en su versión 2015a para definir la detección y uso potencial. Adicionalmente, se investigó el posible uso de otras variables proporcionadas por Muse correspondientes a acelerómetros y detectores de centelleo. El procesamiento incluye la extracción de características estadísticas y espectrales, y el método de clasificación utilizado es discriminante lineal.

Según García J. (2017) menciona, La función del cerebro humano se ha convertido en un campo de estudio multidisciplinario que involucra las matemáticas y la psicología, dando origen a la neurociencia. La ciencia computacional proporciona métodos, herramientas y métodos para analizar y visualizar información obtenida de técnicas utilizadas para estudiar el cerebro humano, como el EEG.

La evolución que ha tenido la tecnología EEG han asegurado que el análisis de señales cerebrales ya no sea una actividad en el campo de la medicina y, en la actualidad, las interfaces cerebrales también se utilizan en publicidad, seguridad de vehículos, entretenimiento en vivo y más. Por lo tanto, es necesario aprovechar estas tendencias tecnológicas y priorizar el desarrollo de sistemas que ayuden a los humanos, especialmente tecnologías que analicen señales cerebrales para permitir aplicaciones socialmente invasivas.

Relevante para EEG, por lo tanto, los conceptos generales del campo se explican en este documento, junto con los detalles del dispositivo Emotiv EPOC utilizado para adquirir señales cerebrales. Nuevamente, su propósito es brindar una descripción general de la aplicación actual de Ace. Comprender y ser capaz de utilizar equipos de EEG inalámbricos para generar interfaces cerebro-ordenador para el sector de la formación (videojuegos).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Ingeniería de software

Según Caraballo A. (2023) indica que, su importancia trasciende en el mundo moderno, abarcando los aspectos de la fabricación de software. Sin un sistema informático, resulta imposible ejecutar el mundo actual. Los softwares basados en computadoras controlan la infraestructura nacional y diferentes servicios públicos, mientras que la gran parte de los equipos eléctricos contienen computadoras y sistemas informáticos de control. La elaboración, distribución industrial y sistema financiero dependen totalmente de la informatización. Las grandes industrias de entretenimiento, los videojuegos de computador, la televisión y el cine, hace un uso intensivo del software. Por tanto, las ciencias de ingeniería de software son tan esenciales para el funcionamiento de las sociedades nacionales e internacionales.

La ingeniería de software involucra la observación preliminar de la situación, el desarrollo de aplicativos informáticos, el diseño del proyecto, una evaluación para

garantizar su correcto funcionamiento y por último la instalación del sistema informático.



Figura 1. El software permite el desarrollo de programas informáticos.

Fuente: (Porto & Gardey, 2009)

La arquitectura de sistemas es un campo que se relaciona directamente con la ingeniería de software, se basa en la determinación y el delineamiento de una estructura general de un proyecto, dibujar un exoesqueleto que contenga una especificación alta e indique los diferentes componentes que son esenciales para la ejecución del proyecto, la elaboración de aplicativos y bases de datos complementarias. Este punto es la clave del éxito para una eficiente producción de dispositivos informáticos.

2.2.2. Metodología XP (Extreme Programming)

Posterior a un análisis entre las diferentes metodologías se eligió la metodología XP, para Ulloa, D (2014) menciona que si utilizamos esta metodología tenemos la capacidad de reformar tomando en cuenta los cambios de requerimientos que se presentan en el transcurso de la elaboración de proyecto, de la misma forma podemos definir de una forma realista los requerimientos que se van a utilizar en la ejecución del proyecto.

Se establecen dos objetivos esenciales para la metodología:

Satisfacción de Usuario: Definir el tiempo de entrega del aplicativo a la institución o cliente en el momento que solicite para generar una respuesta rápida.

Fomentar el Trabajo de Equipo: En el proyecto existen líderes que son los encargados de involucrar a los desarrolladores, diseñadores, cliente y el líder para potenciar el trabajo colaborativo en equipo.

2.2.2.1. Roles

En esta metodología XP se evidencian diferentes roles y responsabilidades para diversas tareas y propósitos que se desarrollan durante el proceso:

Programados (Programmer)

Tiene la responsabilidad de la toma de decisiones viables y técnicas para diseñar sistemas basados en el diseño, la programación y una serie de evaluaciones según las tareas definidas en base a la historia.

Cliente (Customer)

Esta persona se encarga de elaborar la historia del usuario y determinar que construir y cuando construir el software para posterior realizar un test que determina si cumple con los requerimientos.

Tutor (Coach)

Es la persona principal que tiene que demostrar responsabilidad en el proceso, líder del equipo e identifica si existe algún problema que le hará tomar las mejores decisiones para asegurarse que el proyecto continúe y se finalice con éxito.

Verificador (Tester)

Esta persona es la encargada de ejecutar asesorías al cliente en base a las pruebas funcionales para garantizar su completa ejecución.

2.2.2.2. Fases de la metodología

Igualmente, Carrasco, Ocampo, Ulloa & Azcona (2019) especifican cada una de las fases que plantea la metodología de Programación Extrema XP:

Fase 1: Planificación:

Esta fase detalla la creación de requerimientos por parte del cliente que se denominan "historias de usuario", esta es fundamental para para proyectar la entrega del informe del sistema informático. Además, los desarrolladores empiezan a familiarizarse con los equipos que se planean manejar en el desarrollo del proyecto.

De igual forma en esta fase se realizará una prueba con la utilización de una maqueta que presentara un prototipo inicial, generalmente no requiere de mucho tiempo tomando en cuenta la dimensión requerida por el proyecto y los conocimientos que deben saber los desarrolladores acerca de las herramientas que se van a implementar (Beck, 2014).

Fase 2: Diseño:

En esta parte se determina el tiempo y el alcance que va a tener el proyecto para conocer la cantidad de historias de usuarios que se va a implementar en la fecha establecida, además se quiere determinar el tiempo de creación de un grupo de tarjetas de usuario. Para esto es necesario realizar una multiplicación entre la cantidad de interacciones y la velocidad del proyecto, dando como resultado los puntos que se pueden realizar (Beck, 2014).

Fase 3: Codificación:

Aquí se planea desarrollar el proyecto, en el cual la primera interacción determina cual es la mejor arquitectura del sistema se va a implementar en el proyecto. Para esto se toman las historias de la fase 1 que aporten con la creación de la arquitectura, además se debe considerar que el usuario tiene la potestad de establecer los requerimientos que se deben implementar en cada uno de los procesos. Esta última interacción ya nos presenta que el software esta su elaboración.

En esta fase se deben monitorear las siguientes interacciones:

1. Tarjetas de usuarios excluidas
2. Velocidad de elaboración del proyecto
3. Tarjetas de pruebas para la aceptación
4. Tareas que incumplan con las anteriores interacciones planteadas

Fase 4: Pruebas:

En la fase de pruebas se realiza una revisión del proyecto y se añade evaluaciones adicionales, esta sección se enfocará en medir el rendimiento que genera el aplicativo informático ya desarrollado y que va a estar direccionado en los estándares que utilizaran los clientes futuros, de tal manera que se podrán tomar decisiones para implementar una serie de características que el sistema actual lo requiera. Se tiene la posibilidad de reducir los tiempos de interacción que se vaya ejecutando, que pueden ser tiempos muy reducidos como una semana o par de

semanas, para esto se tendrá que documentar cada sugerencia que se realice, de igual forma las ideas o sugerencias que se den a conocer para su posterior implementación (Beck, 2014).

Fase 5: Lanzamiento:

En esta fase se describe el total funcionamiento del sistema, cuando el desarrollador ya ha implementado todas las tarjetas de usuario en el software y no tiene pendiente ninguna se entiende que el proyecto está en fase de lanzamiento. Además, es muy importante identificar que se haya cumplido con la satisfacción del cliente brindándole beneficios y seguridad del proyecto generando la documentación del software. En algunas ocasiones se presenta la insatisfacción del cliente por no cumplir con los requerimientos que le generen beneficio o no cuenta con un monto económico para su mantenimiento, se llega a esta fase y se genera la muerte de todo el proyecto (Beck, 2014).

2.2.2.3. características

A continuación, se describen las principales características que presenta la metodología XP:

Comunicación: esta parte se define la reiterada comunicación que se forma con los desarrolladores y los clientes para conocer sus requerimientos y proceder de forma rápida con los cambios de estos. Muchos inconvenientes que se presentan al finalizar el proyecto se deben a falta de una revisión completa para verificar que se hayan implementado los requisitos al sistema, dejado en el olvido puntos de suma importancia para el cliente.

Simplicidad: Se presenta la codificación del sistema y diseños claros y simples, Se sugiere estos aspectos porque muchos diseños tienen un grado de complejidad elevado que impide la ampliación y mantenimiento cuando se requiere, provocando que el proyecto tenga que partir de cero.

Realimentación (Feedback): Se realiza una retroalimentación al usuario con el objetivo de conseguir un aplicativo informático que sea orientado a sus necesidades. Se presenta el proyecto en un lapso de tiempo adecuado para que el cliente verifique su progreso y pueda sugerir cambios en el diseño o la funcionalidad y poder retroceder a las fases anteriores si así lo requiere y rediseñar al gusto que nos pide.

Tenacidad: Ser responsable en el cumplimiento de la tres anteriores secciones, poseer la predisposición para establecer una conexión informativa con el cliente y estar dispuesto adaptar las sugerencias que este las mencione, ser decidido en mantener una estructura de diseño simple y no optar por caminos rápidos que impliquen evadir fases que ocasionen que el sistema se vea afectado en su calidad y por último enfatizar en tener una buena retroalimentación efectiva (Ulloa, 2014).

2.2.2.4. ¿Por qué elegir la metodología XP?

Un análisis entre las dos metodologías se puede decidir que la metodología XP (Extreme Programming) es la que mejor se adapta a nuestro proyecto, tomando en cuenta los siguientes puntos:

1. **Enfoque:** La metodología XP nos permite seguir mejorando continuamente el sistema.
2. **Documentación:** La metodología XP establece gran conexión entre los desarrolladores y el usuario y presentando un requerimiento mínimo en la documentación.
3. **Pruebas:** La metodología XP trabaja en las pruebas continuas y el rediseño del código, aumentando la calidad del software y este tenga mantenibilidad.
4. **Iteraciones:** La metodología XP tiene un número ilimitado para ejecutar sus iteraciones y así enfocarse en establecer constantemente mejoras del software.

2.2.3. software neuronal

También conocido como programa de red neuronal en donde se representa varios conceptos relacionados con la inteligencia artificial, las cuales en los últimos años se han aplicado a programas o entornos de desarrollo. La idea principal de esta tecnología fue la imitación de los procesos que realiza el cerebro humano. Antes que se produzca el surgimiento de la programación para una red neuronal en su forma actual, muchos investigadores se referían a este concepto como si fuese inteligencia artificial, pero en la actualidad este software neuronal también puede incluir procesos con elementos biológicos para obtener resultados de datos determinados. Huet P. (2023).

Los simuladores son un tipo de programa neuronal, que para su aplicación utiliza datos básicos para obtener los datos esperados. Estos datos se los mejora con el proceso que tiene la aplicación. En un principio este tipo de redes se las utilizaba para

realizar una investigación de algoritmos y redes. En la actualidad este tipo de redes se las ha sustituido por otras formas de software neuronal, que uno de los más conocidos es el software neuronal basado en componentes.



Figura 2. Red neuronal
Fuente: (Beckerola, 2020)

2.2.4. Diadema neuronal

1. Redes neuronales

Según (Lee, 2021) menciona que, Las redes neuronales son la columna vertebral de la inteligencia artificial. Son un modelo de creación cuyos sistemas se basan en las funciones del cerebro humano. Consisten en diferentes nodos que actúan como neuronas y se transmiten señales e información entre sí. Estas redes reciben varios mensajes de entrada, los procesan juntos para producir una salida y hacen predicciones basadas en lo que están programadas para hacer.

2. Aprendizaje

La función de aprendizaje define la tarea a resolver y la función crea un conjunto de observaciones para resolver las operaciones relacionadas. Hay tres paradigmas de aprendizaje principales en esta función: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje por refuerzo.

3. Leer la mente

Según (NADAL, 2020) menciona que, los argumentos no deben pasarse por alto a pesar de que en esta era digital pueden parecer ciencia ficción, Una interfaz cerebro-computadora es un dispositivo que lee la actividad de las ondas cerebrales

y escribe nueva información. Se puede colocar en el cráneo o en un chip en el cerebro. Los datos de los sensores se envían a una computadora donde se procesan e interpretan. Las computadoras pueden introducir nueva información en el cerebro y cambiar la forma en que funciona.

“Digamos que los sensores son micrófonos que permiten escuchar a las neuronas y los algoritmos tienen que traducir la información que se recopila, que puede ser emocional, cognitiva, motora o sensorial”, expone María López, integrante de la industria Bitbrain, especialista en elaborar diferentes sensores capaces de observar y detectar el movimiento de las señales cerebrales y los sistemas informáticos para el análisis de datos. “Dado que todo lo que hacemos pasa por el cerebro, si podemos traducir esa información podemos utilizarla para lo que queramos, como mejorar capacidades cognitivas”.


4. Apetito empresarial

Estos avances han llamado la atención de las principales empresas tecnológicas, que han comenzado a elaborar instrumentos basados en interfaces hombre-maquina en los últimos años. El más destacado de ellos es Neuralink, fundado por Musk. La empresa busca mejorar las capacidades de los usuarios implantando hilos microscópicos en el cerebro para que diferentes áreas puedan comunicarse entre los usuarios y el mundo exterior mediante inteligencia artificial.

2.2.5. Tipos de diadema

En la siguiente tabla tenemos los tipos de diademas neuronales, en donde vamos a poder determinar una para nuestro trabajo de investigación:

Tabla 1. Tipos de Diademas Neuronales

EEG. - Un electroencefalograma detecta y registra los patrones de las ondas cerebrales.							
							
Diadema NeuroSky y MindWave Esta diadema auricular	Casco EEG Todos los fabricantes de dispositivos médicos	NeuroPlus Un casco EEG que traduce la actividad del cerebro para controlar algunos parámetros	Diadema EEG Emotiv Diadema que cumple con los requisitos fundamentales de un	PlatoWorK El casco que te estimula el cerebro	Casco EPOC En la Universidad de Columbia (Estados Unidos) un grupo de investigadores	Emotiv Insight Emotiv Insight es un auricular portátil de próxima generación que	OpenBCI Es una plataforma de interfaz cerebro-computadora de código abierto,

r EEG que mide y transfiere con seguridad los datos del espectro de potencia (ondas alfa, ondas beta, etc.)	de la partida. Ha sido desarrollado especialmente para ayudar a las personas con hiperactividad a mejorar la concentración y la memoria.	EKG y que se encarga de la adquisición de las señales por medio de sus cinco canales.	ores ha creado un sistema capaz de leer el pensamiento y de transformarlo en lenguaje.	rastrea la actividad cerebral. Permite a los usuarios optimizar la aptitud y el rendimiento de su cerebro, medir y monitorear su propia salud y bienestar cognitivo o el de su familia, y desarrollar nuevas aplicaciones.	creada por Joel Murphy y Conor Russoman, después de una exitosa campaña de Kickstarter a finales de 2013.
---	--	---	--	--	---

2.2.6. Diadema NeuroSky MindWave

Se trata de los auriculares MindWave de NeuroSky, un auricular EEG que transmite una data con valores arrojados por ondas theta, ondas beta, etc.) que se miden y transportan de forma segura. ¡Sólo necesita ponerse estos auriculares para observar cómo tus ondas cerebrales cambian al instante! Con MindWave Heaset, puedes controlar tus niveles de concentración y relajación e incluso ver cómo reacciona tu cerebro a tu música favorita. La tienda online NeuroSky ofrece más de 100 juegos de entrenamiento cerebral y aplicaciones educativas. Use una sola batería AAA (no incluida) durante 8 horas de autonomía. Estos auriculares son una gran introducción en el mundo de las interfaces de ordenador cerebrales.

2.2.6.1. ¿Qué puede hacer con los auriculares MindWave?

- ✓ **Juegos.** - Más de 100 aplicaciones para auriculares EEG MindWave y MindWave Mobile 2. La tienda de aplicaciones NeuroSky tiene aplicaciones de desarrolladores externos, así como herramientas de NeuroSky.
- ✓ **Obtener bienestar.** - Siéntete mejor con la meditación enfocada y el seguimiento del estado de ánimo.
- ✓ **Educación.** - Aprende mejor con información sobre cómo funciona tu cerebro.
- ✓ **Investigadores y desarrolladores.** - Haga emocionantes productos de EEG y descubrimientos de neurociencia.

2.2.6.2. Diferencias de versión

Dado que la versión original de Mindwave es muy antigua, la hemos modificado y añadido un módulo Bluetooth 4.0 para soportar la conexión Bluetooth, que es compatible con Windows y Android. A diferencia de la versión original, que sólo admitía la conexión de ordenadores, se podían utilizar varias aplicaciones.

	Mindwave Mobile 2	Mindwave Bluetooth4.0
Physical map		
Wireless Interface	Bluetooth and BLE (Automatic wireless pairing)	Bluetooth4.0 (USB dongle automatic pairing)
Wireless Dongle included?	NO	YES
Support Platforms	Windows, Mac, iOS, Android	Windows, Android
Features	Can be used on mobile phones, easy to carry	Multiple devices can be connected
Form Factor	Black headset (Upgrade hardware more comfortable)	White headset

Figura 3. Diadema Neurosky Mindwave Mobile 2

Fuente: (AliExpress, 2022)

Tabla 2. Detalles de la diadema Neurosky Mindwave

Detalles	<ul style="list-style-type: none"> • Incorpora TGAM2.9B Bluetooth v4.0 • Conexión inalámbrica de forma automática • Alimentado por una sola batería AAA (batería no incluida) • Fuente de 8 horas • Sección de modo dual BT/BLE (transmite hasta un rango de 10 metros) • ID de audífonos estáticos • Software compatible con: Windows (XP/7/8/10), Mac (OSX 10,8 o posterior), iOS (iOS 8 o posterior) y Android (Android 2,3 o posterior) • Diseño ergonómico • Edición Starter Kit • Peso: 80g, ultraligero y cómodo de llevar
-----------------	---

2.2.7. Centros de Terapia Física y Rehabilitación

Según Villalobos. F (2019) indica que los centros de terapia y rehabilitación se realizan sesiones de terapia y rehabilitación en una área donde también se atienden pacientes con otros problemas, generando principalmente un inconveniente, el de

la generalización de la atención, puesto que no se cuenta con los implementos, máquinas o herramientas específicas para el tratamiento a niños, un centro de especialidad médica contribuye al beneficio de las personas a recobrar sus funciones corporales que perdieron debido a lesiones, accidentes o enfermedades. Los centros de rehabilitación se pueden encontrar en un hospital público o de forma particular y desempeñan un papel esencial en la rehabilitación física al proporcionar apoyo profesional y atención especializada para facilitar la recuperación y mejorar la función física.

2.2.8. Rehabilitación

Según el artículo científico de la revista Scielo (Murieta y Cisneros, 2022), indican que la rehabilitación es un conjunto de intervenciones que se realizan para reducir el grado de discapacidad que tiene un individuo en estado de condición de salud aguda o crónica, existe una prestación de asistencia habilitadora para pacientes, constituyéndose una antes en pre-habilitación y una después en re-habilitación, a través de procedimientos quirúrgicos seleccionando una o dos más fases en base al problema de salud detectado, se puede contribuir en gran medida con la disminución de las complicaciones y mejorando los resultados.

Para Revelo L. (2023) en su investigación menciona que en la rehabilitación existen numerosas especialidades médicas y quirúrgicas dirigen su actividad asistencial a alcanzarla, siendo Medicina Física y Rehabilitación la encargada del diagnóstico, evaluación, prevención y tratamiento de la incapacidad, con el objetivo de facilitar, mantener o devolver el mayor grado de capacidad funcional e independencia posible.

Tipos de rehabilitación física tienen diferentes categorías secundarias que permiten ocuparse de diversas condiciones físicas de una manera más eficiente y apropiada para el paciente, los encontramos a continuación:

2.2.8.1. Neurología

Es una enfermedad y una condición neurológica desfavorable que dirigen hacia una debilidad muscular fuerte. Con esta categoría podemos mejorar la condición de movilidad que son originadas por el sistema nervioso y neuromuscular de la persona, infectadas en la medula espinal, traumas cerebrales y múltiples esclerosis.

2.2.8.2. Musculoesquelética

Se trata de la recuperación y reparación de las dolencias relacionadas con el sistema muscular del ser humano. Con la aplicación de esta categoría podemos realizar la corrección de malestares causados por diversas contravenciones que han sufrido en el diario vivir, las áreas a tratar incluyen la zona muscular, ligamentos, tendones, huesos y diversas áreas del cuerpo.

2.2.8.3. Cardiopulmonar

Se enfoca en el tratamiento de enfermedades con desordenes cardiopulmonares, como son los fallos cardiacos y las obstrucciones pulmonares crónicas. Los especialistas en esta área de rehabilitación física se preparan, ejecutan y educan a los pacientes sobre estrategias y técnicas que les ayudan a mejorar la resistencia del cuerpo para aumentar la calidad de vida.

2.2.8.4. Pediátrica

Tiene su enfoque e la contribución y reparación de daños agudos que se presentan en infantes que se los detecta a la hora de su nacimiento o en el trascurso de su desarrollo, ejecutando diferentes ejercicios terapéuticos en los niños para fortalecer las áreas afectadas, por ejemplo, en el crecimiento demorado e inconvenientes con su genética relacionado con la psiquis cerebral y sus movimientos.

2.2.9. Extremidades superiores

Es una parte del cuerpo que incluye el brazo, la muñeca y la mano. Según Serrano C. (2023), manifiesta que las extremidades son órganos externos y articulados que desempeñan distintas funciones locomotrices, las extremidades superiores están constituidas por 5 miembros del cuerpo humano que son como a) Hombro, b) Brazo, c) Antebrazo, d) mano.

2.2.10. Discapacidad Física

La discapacidad física es un fenómeno que limita las características del ser humano y las características del entorno en donde vive. Según Maita. L (2021), menciona que se produce la disminución o ausencia de las funciones físicas o motoras debido a la ausencia o alteración del movimiento de alguno de los miembros del cuerpo, reduciendo la capacidad de movilidad cotidiana. El 80% de la población con discapacidad física es producida después del nacimiento en forma traumática debido a accidentes de trabajo o de tráfico, además se puede sufrir por problemas

genéticos, la gestación o complicaciones que se producen durante el parto, los tipos de discapacidad física se constituyen en: a) Discapacidades físicas orgánicas, b) Afectación de órganos y vísceras, c) Déficits de las estructuras musculares.

2.2.11. Exo-brazo

Según Hernández. S (2019) dice que, un exoesqueleto es un esqueleto externo que cubre, protege y sostiene a los seres vivos. Los insectos, arañas o crustáceos tienen exoesqueletos que pueden ayudar a las personas que han perdido la movilidad con la ayuda de la tecnología.

Según (FERNÁNDEZ, 2017) mencionan que, se llama ExoArm, tiene un núcleo Arduino e intentaron programarlo en un código que sea fácil de entender y modificar. Tienen su primer prototipo funcional capaz de levantar 10 kg y actualmente se están centrando en controlar el brazo en sí en la primera fase de desarrollo antes de perfeccionar el diseño.

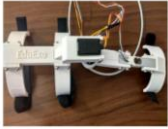





Figura 4. Prototipo del Exo-brazo
Fuente: (Yúbal Fernández, 2017)

2.2.12. Tipos de prototipos de Exo-brazo

En esta tabla podemos encontrar los diferentes modelos del prototipado para el Exo-brazo a continuación:

Tabla 3. Características del Exo-brazo

Exo - Brazo	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Tema	Rehabilitación de pacientes con movilidad reducida usando exoesqueleto y técnicas de gamificación	Desarrollo de un exoesqueleto para la rehabilitación del movimiento flexo-extensor del codo	Diseño mecánico de un exoesqueleto para la rehabilitación de miembro superior	Diseño y construcción de un prototipo de exoesqueleto de rehabilitación para miembro superior
Imagen				
Material	<ul style="list-style-type: none"> •Filamento abs •Tiras de velcro 	<ul style="list-style-type: none"> •Barra metálica k1 para el fenómeno de la gravedad •Soporte estabilizador de brazo con bisagra 	Barras telescópicas de desplazamiento manual <ul style="list-style-type: none"> •Correas acolchonadas ajustables •Para la altura una columna telescópica, la limitación a los elementos deslizables se realizó mediante perillas de 2 posiciones 	<ul style="list-style-type: none"> •Acrilonitrilo butadieno estireno (abs) •Ácido poliláctico (pla)
Motor	Servomotor para ver la posición del exoesqueleto	Dos servomotores dservo ds3225 Sistema rotor de 3 engranajes Potenciómetro (interior del servomotor)	<ul style="list-style-type: none"> •Servomotores MG •El control de posición se determina mediante un encoder 	Servomotor electrónico con su máxima fuerza 14n Microprocesador Servomotor towerpro sg-5010
Grados de libertad	1 grado de libertad	1 grado de libertad	4 grados de libertad	1 grado de libertad
Software - diseño	Solidworks	Tinkercad	Software cae	Solidworks

2.2.13. Selección del material para el Exo-brazo

2.2.13.1. Filamento PLA

Constituye un plástico común impreso en 3D. se caracteriza por su alta dureza, un excelente acabado final y asequible. Su pan compone un termoplástico biodegradable para prototipos pasivos con un costo mínimo. Supera en acabado al ABS, sin embargo, presenta una estructura más frágil y es considerado no apto para elevadas temperaturas.

2.2.13.2. MDF

MDF significa tablero de fibra de densidad media, también conocido como DM. Este tipo de material está construido a partir de fibras de madera (alrededor del 85%) y

resina sintética prensada, lo que lo hace más denso que el aglomerado o el contrachapado tradicional. A menudo se la denomina madera MDF o madera prensada, pero esto es inexacto, porque estrictamente hablando no se trata de madera procedente de la naturaleza, sino de productos obtenidos de ella.

Tiene un color uniforme y se diferencia de la madera al no tener vetas, lo que permite en parte el uso de este tipo de tablero.

Las principales propiedades que posee el MDF es la alta densidad, esto nos enseñará el peso calculado mostrando su valor en metros cuadrados. Si tratamos el tema de densidad media está entre 500 y 800 kg/m³, por encima de esto observamos una densidad alta y una densidad baja. La densidad nos dirá, en rigor, qué es MDF y lo que no corresponde. Alejandres A. (2021).

2.2.14. Impresora 3D Anycubic



Figura 5. Impresora 3D
Fuente: (Anycubic, 2023)

Según Cama. E (2021) menciona que, en resumidas palabras, las conocidas impresoras 3D se basan en la utilización de diseños asistidos por computadora (CAD) para crear prototipos 3D a partir de una variedad de materiales, como plástico, metal o polvo fundido.

Una impresora de estructura 3D común se asemeja a una impresora que opera a inyección de tinta y controlada por un ordenador. Crea un modelo 3D con una secuencia de capa por capa y una impresión de abajo hacia arriba, estampando

reiteradas veces en la misma área en un método conocido como modelado de deposición fusionada (FDM).

De igual manera Adeva. R (2020) dice que, la impresora, funciona de forma automática, realiza un modelo de varias horas convirtiendo un dibujo en versión CAD a un plano 3D en varias capas de sección transversal bidimensional, dicho con otras palabras, impresiones 2D separadas colocadas una sobre la otra, sin embargo, sin papel.

En lugar de utilizar tinta, que nunca puede alcanzar grandes volúmenes, las impresoras recogen capas de plástico o polvo fundido y las fusionan (y las estructuras existentes) con adhesivos o luz ultravioleta.

2.2.15. Arduino nano chip Ch340 + cable

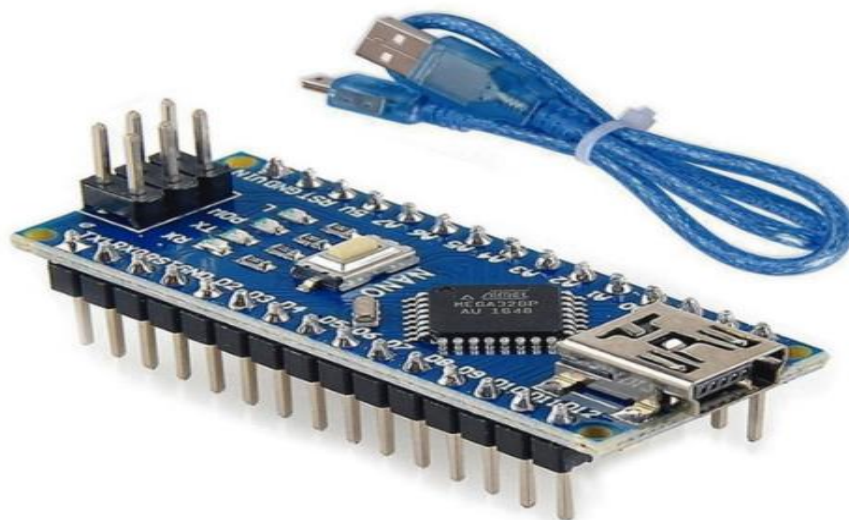


Figura 6. Arduino Nano
Fuente: (Novatronic, 2023)

El Arduino Nano es una placa de desarrollo que se basa en el microcontrolador ATmega328P (igual que Arduino UNO). Esto ya muestra algunas cosas: tenemos el mismo número de pines, memoria, etc.

Naturalmente, también ofrecemos código totalmente compatible para simplificar la transición de los proyectos de Arduino UNO a Arduino Nano.

Sin embargo, hay una característica (bastante obvia, de hecho) que diferencia a esta tabla de la ONU: su tamaño.

A pesar de su pequeño tamaño, el hardware de esta placa es comparable al de otras placas Arduino en cuanto a su estructura.

- Un especificado microcontrolador ATmega328P con la configuración de "sistema mínimo".
- La interfaz USB-Serie que permite reprogramar el microcontrolador desde un ordenador utilizando el software Arduino.
- Tomas de dos clavijas que permiten conectar clavijas de entrada/salida a diversos sensores, actuadores, etc.

2.2.16. Servo Sg 5010 tower pro



Figura 7. Servomotor SG 5010
Fuente: (ROBOTICS ECUADOR, 2023)

Servomotor estándar se lo utiliza de forma general y puede girar hasta 180 grados (90 grados en cada dirección). Es conveniente porque se puede utilizar con diferentes ambientes virtuales de desarrollo como Arduino, PIC, Raspberry Pi o cualquier microcontrolador genérico. Para usarlo con un Arduino, recomendamos conectar el cable naranja al pin 9 o 10 y utilizar la biblioteca "Servo" para poder utilizarlo, el pulso es 0,65 ms en la posición de 0°, el pulso de 90° es de 1,5 ms y el pulso de 180° es de 2,35 ms.

Dispone de un conector universal "S" que se adapta exactamente a la mayoría de los receptores de radiocontrol, incluidos Futaba, JR, GWS, Cirrus y otros. Los adaptadores del conector se dividen en: Marrón = Tierra (GND), Rojo = VCC (5 V), Naranja = Señal de control (PWM).

Una recomendación es alimentar el microcontrolador por separado al servo, en vista de que puede producir ruidos eléctricos que provocan diferentes errores al momento de ejecutar el algoritmo o, en cualquier caso, añadir un condensador de 100uF a 5V y GND.

Tabla 4. Características del Servomotor

Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Par de torsión: 5,5kg/cm a 4,8V o 6,5 kg/cm a 6 V • Velocidad: 0,10 segundos por rotación de 60 • Rango de rotación: 180 grados • Peso: 51,8 gramos • Dimensiones: 54,2 x 45,1 x 20 mm • Tipo de engranaje, plástico • Tipo de conector, hembra • Modulación, analógica • Periodo, 20 milisegundos • Tensión, 4,8 a 6 voltios • Ancho de pulso: 1,0 a 2,5 milisegundos • Temperatura de funcionamiento 0 a 55 °C • Accesorios, Brazos y tornillos
-------------------------	---

2.2.17. Módulo de Carga Tp4056



Figura 8. Módulo de carga
Fuente: (Novatronic, 2023)

El módulo cargador de baterías denominado Lipo de litio TP4056 es un módulo pequeño ideal para cargar baterías LiPo o Li-ion de 3,7 V 1 Ah o más con una sola celda como 16550 hasta 18650, además viene incluido con un círculo protector. es, así que si las baterías no se cargan. Tome cualquier daño.

Este módulo se basa en el chip TP4056 y el chip de protección de batería DW01. Este módulo proporciona una corriente de carga de 1 A y luego se desconecta cuando se completa la carga, lo que ayuda a mejorar la duración de la batería. Cuando el voltaje de la batería cae por debajo de 2,4 V, el chip de protección deja de cargarse, evitando que la batería funcione a un voltaje demasiado bajo, e incluso evita sobretensiones y conexiones de polaridad inversa (que normalmente dañan la batería, no la batería).

Tabla 5. Características del módulo de carga

Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Módulo de carga de tipo lineal • Corriente 1A, puede ser variable cambiando la resistencia. • Precisión de carga 1,5% • Tensión de entrada 4,5 V a 5,5 V • Tensión de carga completa 4,2 V • Indicador LED Rojo (carga en curso), Verde o Azul (carga completa). • Interfaz de entrada Mini USB (no incluido) • Temperatura de funcionamiento de -10 ° C a 85 ° C • Polaridad inversa no • Tamaño de 1 unidad 28mmX19mmX6mm
-------------------------	--

2.2.18. Módulo Bluetooth HC 05



Figura 9. Modulo bluetooth
Fuente: (Novatronic, 2023)

El módulo maestro Bluetooth HC-05 es un pequeño módulo transceptor TTL diseñado para control a través de RS232. Le permite utilizar la tecnología Bluetooth para transmitir y recibir datos sin conectar cables a su dispositivo. Es un dispositivo compacto y muy fácil de usar que se controla a través del puerto serie mediante comandos AT. Es compatible con cualquier microcontrolador con Arduino o UART.

Esta unidad es la versión del HC-05 que es la unidad maestra, y si buscas la unidad esclava HC-06, incluso podemos gestionarla. García, M. (2023).

Tabla 6. Características del módulo bluetooth

Especificaciones

- El módulo bluetooth controlado por RS232, hc-05
- Es fácil de usar y está completamente encapsulado.
- Incorpora una antena PCB.
- El módulo funciona con una corriente y utiliza Chipset CSR.
- Su versión de bluetooth es V2.0.
- Se alimenta con una tensión de 3,3V.
- Corriente de operación: 20 a 30mA.
- La velocidad en baudios definidas por el usuario incluye 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 y 115200.
- Los ajustes por defecto son 9600, N, 8, 1.
- La contraseña es 1234
- El módulo es ideal para proyectos de robótica.
- El modelo hc-05
- La función dispositivo bluetooth maestro
- Compatible con Arduino UNO R3, Arduino MEGA R3, Raspberry pi 3.

2.2.19. Software para diseño del Exo-brazo

2.2.19.1. Solidworks



Figura 10. Software SolidWorks
Fuente: (Elena González, 2023)

Según Gonzáles. E (2023) menciona que, SOLIDWORKS 3D CAD (Diseño asistido por ordenador) es un software de diseño para moldes y tableros de aglomerado 3D, así como dibujos 2D. Software que proporciona una gama de soluciones que cubren

todos los aspectos involucrados en el proceso de desarrollo de productos. Sus productos permiten la creación, diseño, reproducción, desarrollo, publicación y gestión de materiales de proceso de diseño.

2.2.19.2. ¿Qué funcionalidades tiene Solidworks como software?

Según Navarra. S (2022) opina que un lugar destacado, es importante decir que Solidworks ofrece diferentes paquetes, y en cada uno puede encontrar una variedad de funciones. Diríamos que este software tiene 3 paquetes: Estándar, Professional y Premium. Cuando se habla de Solidworks, que es un programa ampliable gracias a sus distintas versiones, el profesional dispone de una herramienta muy completa.

Por tanto, ofrece la oportunidad de modelar piezas y aglomerados. Un ejemplo podría ser la edición de geometría directa, el diseño de piezas de distintos materiales o la planificación de la estructura de los aglomerados que comentamos.

Otra funcionalidad que encontramos en este software es la creación de dibujos 2D con estándares, pudiendo crear vistas, apuntes o cotas automáticas. De la misma forma, puede reutilizar un diseño que ya haya creado e incluso automatizarlo.

SolidWorks incluso le permite animar modelos 3D para que pueda comprender mejor los matices del objeto en cuestión, al igual que comprobar posibles interferencias.

La importación no es un problema en este software, en vista de que tiene un motor muy potente e incluso ofrece un aglomerado de herramientas de productividad claramente interesantes. Y no se preocupe si necesita bibliotecas CAD, este programa tiene una gran selección. Adicionalmente, incluso te permite comprobar los estándares CAD para que no tengas ningún problema con tu trabajo.

Otras funciones que implica son el movimiento y análisis de juntas y piezas estructurales, sistemas de encaminamiento de tubos, tubos y cables o agrupación de costes en relación a juntas.

2.2.20. Normas IPC

Las normas IPC que están basadas en la ciencia y tecnología según Laverde A. (2016) menciona que son una herramienta que nos sirve como guía para la eficiencia del diseño, fabricación, ensamble y la inspección de circuitos impresos para alcanzar un alto nivel de calidad del circuito.

Normas para diseñar PCB

- ISO (International Organization for Standardization)
- UIT (International Telecommunication Union)
- IEC (International Electrotechnical)
- IPC (Association Connecting Electronics Industries)

Ventajas de trabajar con normas IPC

Al momento de implementar la norma IPC en el desarrollo de nuestro software podemos aportar en la calidad de nuestro aplicativo final en las áreas de robustez, confiabilidad y duración, a continuación, se listan algunos beneficios que podemos obtener en nuestro producto utilizando la normativa IPC

- Reducir el tiempo que se tarda cada proceso
- Ayudar en la calidad del producto
- Facilitar una conexión para el intercambio de información
- Minimizar el tiempo en el desarrollo del producto
- Acortar el tiempo de lanzamiento al mercado

2.2.21. LabVIEW

Según Sahagún S. (2021) manifiesta que: LabVIEW es un entorno de programación grafica basada en un lenguaje por bloques, esta plataforma está diseñada para el desarrollo grafico en la creación de sistemas automatizados que sirven como prueba, control y medición de datos que se generan dentro de una industria manufacturera.

Este entorno nos permite que ingenieros y científicos puedan tomar los datos que emiten los sensores, procesar señales y diseñar una interfaz de usuario de forma personalizada, la herramienta de LabVIEW esta desarrollada para que pueda ser manipulada por científicos, investigadores, ingenieros y estudiantes, se adapta con facilidad a diferentes niveles de experiencia y es utilizado en entornos industriales como académicos.

LabVIEW lo podemos aplicar en una amplia variedad de áreas industriales para buscar una solución de ingeniería.

- Desarrollo de sistemas LabVIEW para para determinar la producción de la industria.
- Diseño de máquinas Industriales.
- Verificación y aprobación de diseños electrónicos.
- Medir los sistemas que están conformados por sensores y actuadores.

2.2.22. Interacción Hombre Máquina

Según Jones S. (2023) menciona que, las BCI (Interfaces Cerebro – Computador) son sistemas que aportan a la sociedad con una comunicación directa con dispositivos tecnológicos como son las computadoras donde se maneja su actividad cerebral, el principal objetivo que tiene la BCI es obtener las señales encefalografías que emiten las ondas eléctricas de nuestro cerebro, interpretar este tipo de señales a través de algoritmos entrenados mediante la IA y usar esta información resultante para manipular un dispositivo computacional.

Existen algunos pasos que nos permiten ver el funcionamiento de la BCI como son:

- Adquisición de señales
- Procesamiento de señales
- Interpretación de señales
- Control de computadora

También se puede identificar las áreas importantes donde más ha estado involucrada la interfaz cerebro – computador

- Educación y formación
- Áreas medicas
- Aplicación en la comunicación humana
- Medicina personalizada
- Juegos y entretenimiento

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque mixto

Se utiliza un enfoque mixto en el presente proyecto sobre el software neuronal para el manejo del Exo-brazo, ya que mediante un estudio cualitativo nos permitirá analizar la situación actual del Centro de Terapia Física y Rehabilitación Fisisalud de la Ciudad de Tulcán a través de una aplicación de una encuesta a los pacientes.

Para poder analizar e interpretar los datos obtenidos de los pacientes con discapacidad física en sus extremidades se utilizó el enfoque cuantitativo, después de ser aplicado las encuestas se pudo determinar los datos necesarios y con la herramienta SPSS obtuvimos datos estadísticos correspondientes.

3.1.2. Tipos de Investigación

3.1.2.1. Investigación exploratoria

Investigación exploratoria proporciona una visión inicial del problema a estudiar y una comprensión de la investigación que se ha realizado, lo que nos permite comunicarnos con partes del tema que antes no teníamos una comprensión clara. Este estudio es exploratorio porque es un tema poco estudiado.

3.1.2.2. Investigación descriptiva

Se trata de identificar un conjunto de hechos o fenómenos individuales y con base en ellos determinar el comportamiento o estructura del problema, esto permite identificar los componentes individuales de una discapacidad física que beneficiará a las personas que no pueden mover sus extremidades. Este estudio es descriptivo en el sentido de que involucra información que tiene características específicas del tema.

3.1.2.3. Investigación de acción

La investigación-acción también se utilizó durante el desarrollo de este proyecto, según Kemmies, quien cita a Niño (2012) diciendo: “La investigación-acción es una forma de investigación realizada por profesionales diversos en su propia práctica.

3.2. IDEA A DEFENDER

El software neuronal puede manipular el movimiento de un Exo-brazo para el beneficio de personas con discapacidades físicas en sus extremidades superiores en el Centro de Terapia Física y Rehabilitación FisioSalud de la Ciudad de Tulcán.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

3.3.1.1. Variable Independiente. – Software Neuronal

Un software neuronal o un programa de red neuronal es una representación que tiene diversos conceptos enfocados con la IA, en donde últimamente se determina que son aplicadas a los programas y entornos de desarrollo tecnológicos. La idea de esta tecnología original es analizar los procesos que tiene el cerebro humano.

3.3.1.2. Variable Dependiente. – Exo-brazo

Con la finalidad de mejorar en sus rehabilitaciones a los pacientes que han perdido movilidad en sus extremidades superiores y pueda generar unos resultados positivos.

3.3.2. Operalización de las variables

Variable Independiente: Software neuronal

Tabla 7. Variable Independiente

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Software neuronal	Representa varios conceptos relacionados con la inteligencia artificial con la imitación de los procesos que realiza el cerebro humano	Calidad Conexión Usabilidad Factibilidad	Satisfacción de las personas con discapacidades físicas en sus extremidades superiores Tiempo de ejecución Reacción subjetiva del usuario al utilizar el sistema	Encuesta Entrevista	Cuestionario de preguntas

Variable Dependiente: Manejo de un Exo-brazo

Tabla 8. Variable Dependiente

Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Manejo de un Exo-brazo	Gracias a avances tecnológicos, se ha hecho posible un exoesqueleto protector y de apoyo, capaz de ayudar a las personas que han experimentado una pérdida de movilidad en sus extremidades.	Diseñar Evaluar Clientes	Satisfacción de las personas con discapacidades físicas en sus extremidades superiores. Estrategias para incorporar tecnologías emergentes a sistemas y procesos existentes.	Encuesta Entrevista	Cuestionario de preguntas

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Métodos

3.4.1.1. Método Deductivo

Según Hernández R., Mendoza C. (2018) indica que, es el proceso lógico que parte de lo general a lo específico de la investigación. También se deduce que las técnicas e instrumentos utilizados para un grupo de estudio pueden aplicarse también individualmente.

3.4.1.2. Método inductivo

Según Hernández R., Mendoza C. (2018) indica que, este enfoque se centra en un área más estrecha para llegar a una conclusión más amplia en la investigación. Se utiliza en estudios tácticos, aprovechando la experiencia del campo específico que se estudia, lo que permite analizar las similitudes del tema en cuestión.

Utilizando este método, se analizaron las variables del estudio basándose en los datos recogidos durante la investigación.

3.4.1.3. Método de investigación Acción

Este enfoque es una forma de desarrollar una comprensión teórica partiendo de las acciones de un individuo o grupo social. El objetivo principal es crear soluciones que puedan cambiar la situación del entorno.

Este método va a permitir desarrollar una propuesta de un software neuronal crear una respuesta al problema analizado y a través de estudios de implementación, ayudar a rehabilitar a los pacientes del centro de terapia física Fisisalud.

3.4.2. Técnicas

3.4.2.1. Encuesta

Los datos para el análisis estadístico se obtuvieron de una encuesta realizada a los pacientes con discapacidad física en sus extremidades superiores del Centro de Terapia Física y Rehabilitación Fisisalud de la Ciudad de Tulcán, para que sea más fácil tabular y obtener gráficos estadísticos.

3.4.2.2. Entrevista

Además, se realizó una entrevista a la propietaria del Centro de Terapia Física y Rehabilitación Fisisalud, para obtener información sobre los procesos de rehabilitación a los pacientes con discapacidad física en sus extremidades superiores,

con el objetivo de profundizar en el estudio de las variables de investigación y la relación con el desarrollo del software neuronal.

3.4.2.3. Población

La población en estudio corresponde a los 10 pacientes del centro de terapia física y rehabilitación Fisisalud con discapacidades físicas en sus extremidades superiores, por lo tanto, en este estudio se aplica un muestreo no probabilístico por conveniencia, que según Hernández et al. (2014), permite seleccionar las muestras de población simplemente porque están fácilmente disponibles o cercanas para el investigador, considerando su voluntad de participación y la representatividad del grupo donde se desarrolla la problemática para dar respuesta a las preguntas de investigación.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.1 Análisis de encuesta

Para el análisis estadístico se toma como referencia al censo realizado a los 10 pacientes del centro de terapia física y rehabilitación Fisisalud, cada una de las cuales contiene 10 preguntas para la investigación. A continuación, se describen las preguntas:

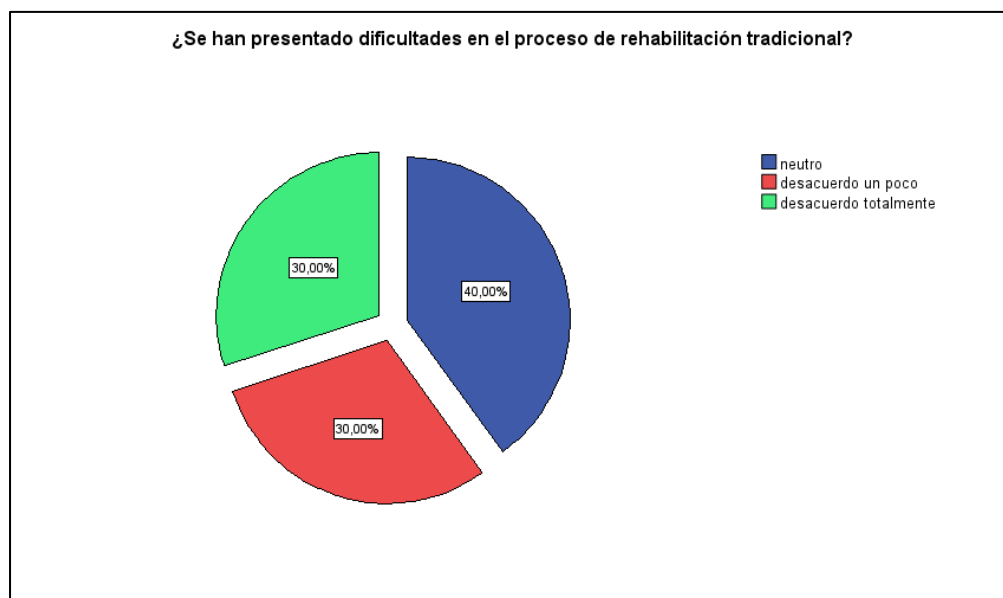


Figura 11. Pregunta 1

Análisis

De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta realizada, la mayoría de los pacientes mencionan que son indefinidas las dificultades que se presentan en los

procesos de rehabilitación tradicional, en donde debería ser más factible utilizar herramientas tecnológicas.

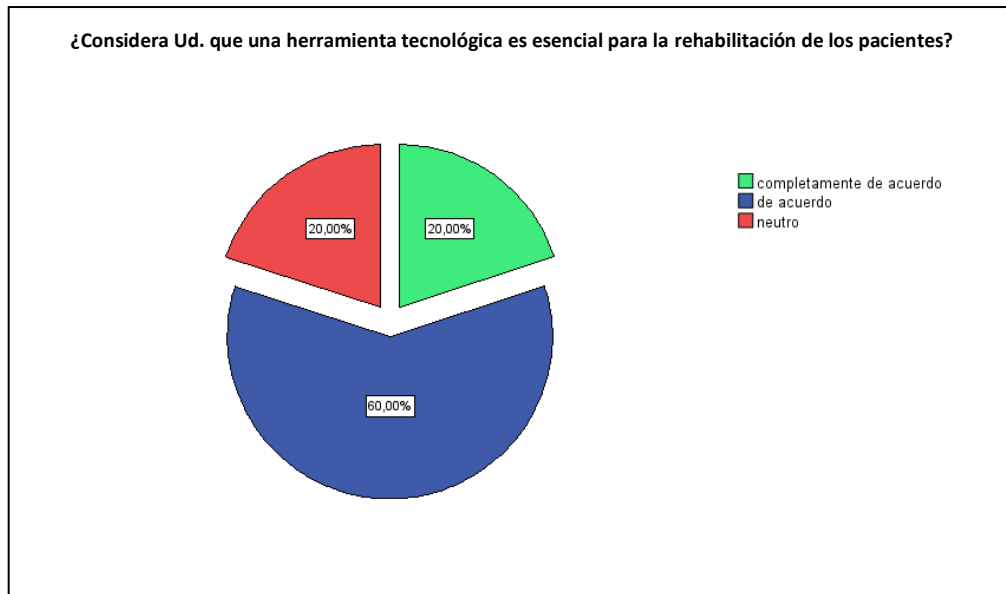


Figura 12. Pregunta 2

Análisis

Se observa que los pacientes encuestados, mencionan que una herramienta tecnológica es esencial para una mejor rehabilitación de los pacientes, por lo tanto, puedan ingresar a consultorios médicos para sus mejores movimientos.



Figura 13. Pregunta 3

Análisis

En el centro de terapia física y rehabilitación FisoSalud los pacientes encuestados dicen que estos tipos de herramientas no se han implementado anteriormente hasta el momento, por lo tanto, al no haber una propuesta del proyecto de la implementación del Exo-brazo es una oportunidad para que exista tecnología de este tipo.

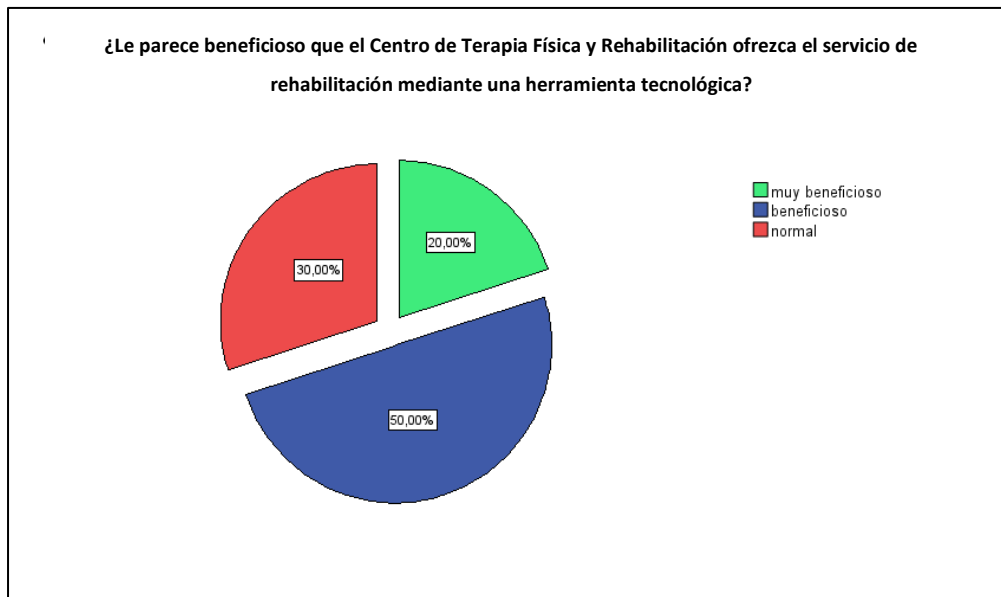


Figura 14. Pregunta 4

Análisis

De acuerdo a los resultados obtenidos de esta pregunta se justifica el realizar este proceso de proyecto para la rehabilitación de los pacientes en el centro de rehabilitación FisoSalud.

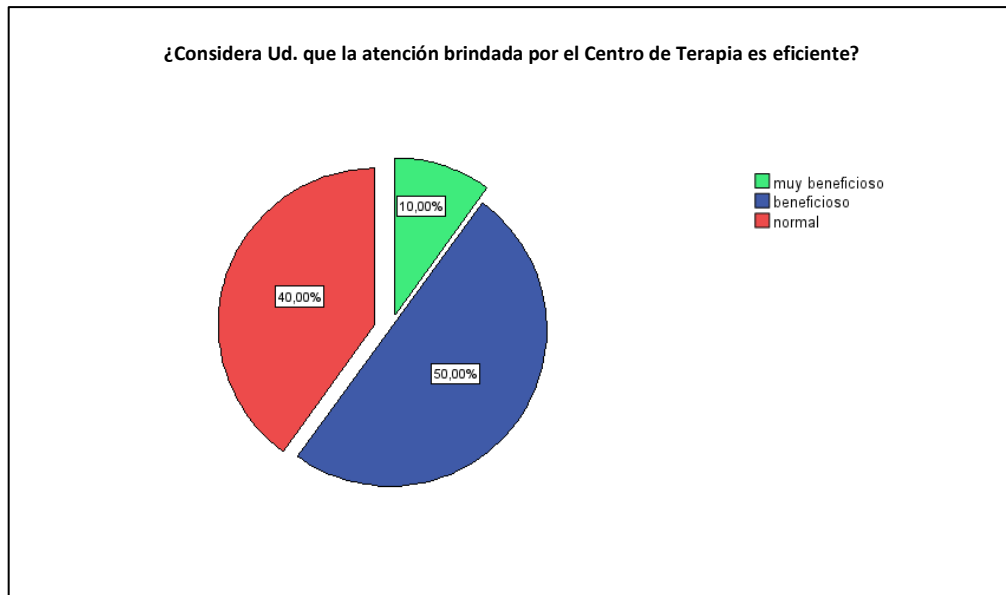


Figura 15. Pregunta 5

Análisis

De acuerdo a los pacientes encuestados, mencionan que la atención en el centro de terapia es muy buena porque existen especialistas con conocimientos necesarios para la atención eficiente a los pacientes en sus rehabilitaciones.



Figura 16. Pregunta 6

Análisis

Si bien los encuestados quisieran que la tecnología baje los tiempos de rehabilitación, lo que se puede realizar es la interpretación de datos reduciendo en menor tiempo sin afectar el proceso de la rehabilitación.

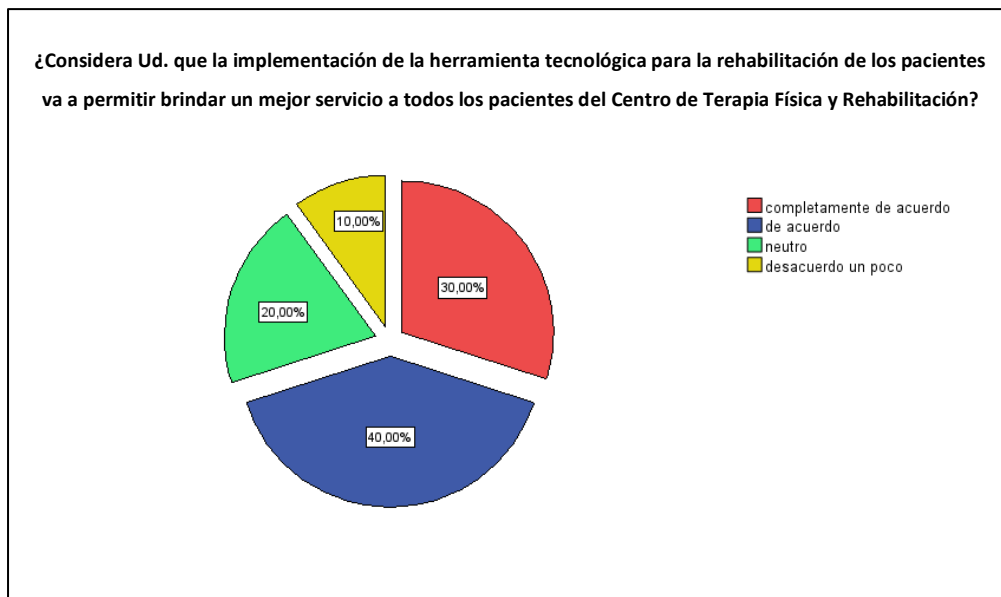


Figura 17. Pregunta 7

Análisis

La mayoría de los pacientes encuestados opinan que la implementación de la herramienta tecnológica sería eficiente, brindando una fundamentación del desarrollo de nuestro sistema informático.

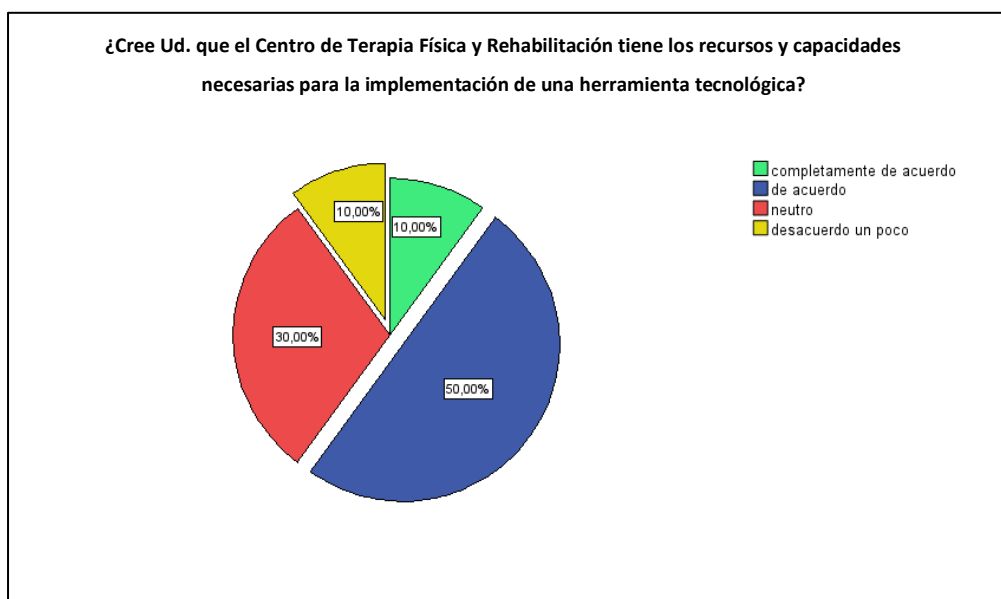


Figura 18. Pregunta 8

Análisis

De acuerdo a los pacientes encuestados tienen una percepción del centro de terapia que las infraestructuras son adecuadas para la implementación los equipos se encuentran en buenas condiciones, existen personales capacitadas en el área.

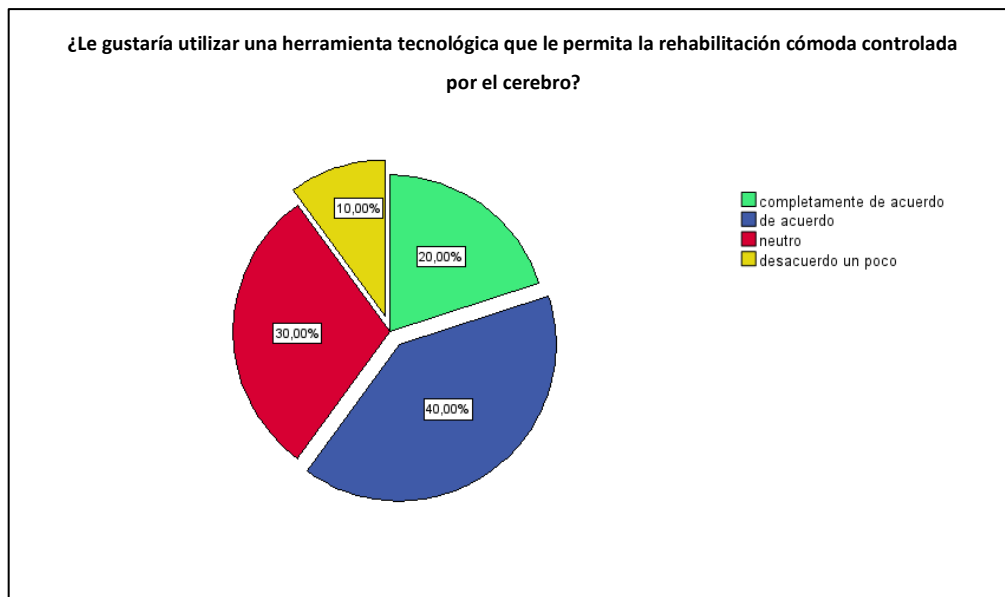


Figura 19. Pregunta 9

Análisis

La mayoría de los pacientes encuestados mencionan que están de acuerdo en utilizar esta tecnología para un mejor proceso de rehabilitación que tiene los pacientes.

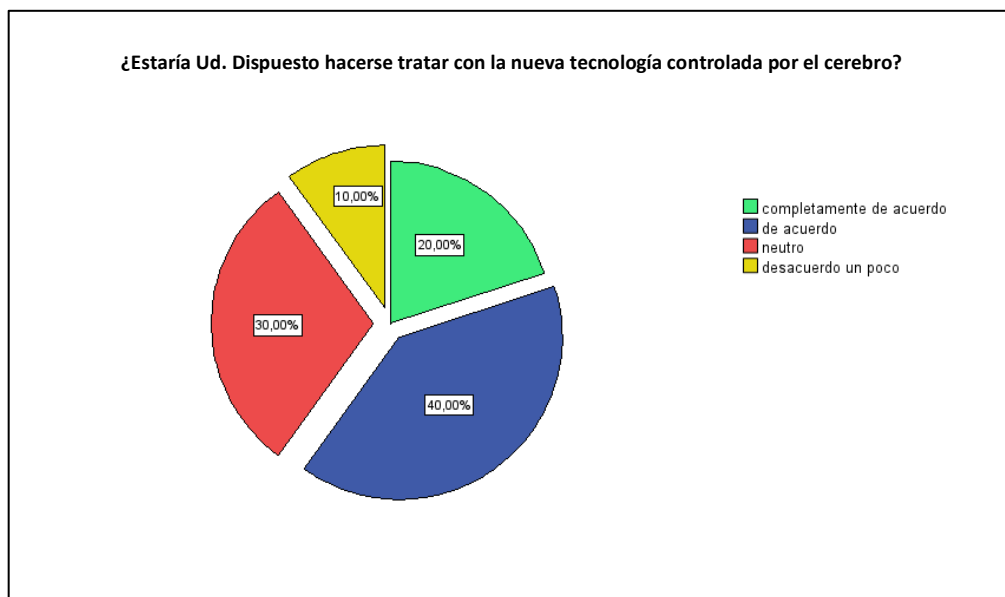


Figura 20. Pregunta 10

Análisis

De acuerdo a la respuesta anterior ya se dispondría de posibles voluntarios o personas que desearían realizar pruebas para el aplicativo del manejo del Exo-brazo controlada por una diadema neuronal en el centro de terapia física y rehabilitación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ENCUESTA

En el centro de salud Fisisalud, se utilizó a cabo una encuesta que constaba de 10 preguntas específicas. Estas preguntas proporcionaron información esencial para el avance del proyecto y se procedió al levantamiento de información de 10 pacientes que regularmente asisten a las sesiones de terapia en diferentes horarios, se pudo determinar que los pacientes con problemas de movilidad de sus extremidades superiores que visitan el centro de rehabilitación Fisisalud optan por un mecanismo tecnológico de calidad que sea esencial para esta tarea, uno de los principales beneficios que aspiran obtener es disminuir el tiempo de recuperación para en muchos de los casos reintegrarse a sus labores cotidianas, mediante la encuesta aplicada en las instalaciones del centro de rehabilitación se llega a establecer que el software neuronal para el manejo de un Exo-brazo sería aceptable con los pacientes, igualmente se observaría un incremento de pacientes potenciales.

4.2. PROPUESTA

Este capítulo refiere al proceso de desarrollo de un software neuronal y la construcción de un Exo-brazo, con el objetivo de crear un software neuronal que pueda controlar un Exo-brazo mediante una diadema de ondas cerebrales. Esta diadema permitirá los movimientos del miembro superior, facilitando una rehabilitación adecuada con un nivel aceptable de movilidad. Esto será beneficioso para los miembros que han perdido la movilidad de sus extremidades debido a un accidente o traumatismo, restringiendo su capacidad de moverse libremente y desenvolverse en su vida cotidiana. Incluso las tareas más sencillas pueden convertirse en un reto sin una extremidad, lo que conduce a la exclusión de la sociedad.

El proyecto es de interés para las siguientes personas:

Tabla 9. Personas interesadas en el proyecto de investigación.

Interesados del proyecto	
Usuarios Directos	<ul style="list-style-type: none"> • Pacientes de la ciudad de Tulcán • Administradores del Centro de Rehabilitación Fisisalud
Usuarios Indirectos	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiantes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi • Docentes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Administradores	<ul style="list-style-type: none"> • Anthony Calderón – Jefferson Ascanta
Director y Fiscalizadores del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Tutor: Msc. Samuel Lascano
Integrantes del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Anthony Calderón – Jefferson Ascanta

4.2.1. Materiales necesarios

Tabla 10. Características de los materiales

Sensores	<ul style="list-style-type: none"> • 16 sensores electromiográficos colocados en los músculos del hombro, codo y antebrazo • 2 sensores de fuerza (uno en el antebrazo y otro en la muñeca) • 2 sensores magnéticos para leer el estado de las juntas metálicas
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Servomotor electrónico con su máxima fuerza 14N
Grados de libertad	<ul style="list-style-type: none"> • Microprocesador Arduino nano • Servomotor towerpro SG-5010 • 3 grados de libertad
Software	<ul style="list-style-type: none"> • Software de interfaz cerebro-computadora • Software CAE • Software Arduino

4.2.2. Estudio de factibilidad

4.2.2.1. Factibilidad Técnica

Para el desarrollo del proyecto se listo los recursos que van a hacer necesarios tanto en hardware como software. El prototipo del Exo-brazo se lo diseño en Solidworks en

formato. STL para posterior realizar la impresión de las piezas diseñadas en el FatLab mediante el software Ultimaker Cura. Todo el software neuronal se lo realizo en el motor de desarrollo Arduino previo a un análisis en el programa Meditation Journal para identificar que ondas nos transmiten la concentración del paciente. Estas herramientas de libre acceso son Open Source (Código abierto) y se las utilizo con el fin de reducir gastos adicionales a los desarrolladores y resulte beneficioso con la investigación.

Tabla 11. Equipos Software utilizados

Tipo de recurso	Nombre del recurso	Descripción	Cantidad
Software	Solidworks	Diseño Exo-brazo	1
	Arduino	Motor de desarrollo	1
	Windows	Herramienta de soporte	1
	Meditation Journal	Análisis de ondas neuronales	1
	Ultimaker Cura	Impresión en 3D	1

Para poder desarrollar el proyecto es necesario la utilización de equipos informáticos que se detallan a continuación:

Tabla 12. Equipos Hardware utilizados

Tipo de recurso	Nombre del recurso	Descripción	Cantidad
Hardware	Portátil	DELL Inspiron 15 3000 Intel® Core i7 8GB	1
	Portátil	ACER Intel® Core i5 8GB	1
	Dispositivo móvil	Samsung Galaxy A10 SM-G980F Android 9 CPU 4GB RAM	1
	Dispositivo móvil	Samsung Galaxy A20 SM-G950D Android 11 CPU 8GB RAM	1

4.2.2.2. Factibilidad económica

En este apartado tomamos en cuenta los recursos para la elaboración de nuestro proyecto: electrónicos, software, Diadema neuronal.

Tabla 13. Equipos electrónicos utilizados

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio unitario	Descuento	Precio total
SERVOSG5	SERVOSG5	1	Servo Sg 5010 tower pro	10,928571	0	10,93
MÓDULODE	MÓDULODE	1	Módulo de Carga Tp4056	2,785714	0	2,79
ARDUINO4	ARDUINO4	1	Arduino nano chip Ch340 + cable	22,321429	0	22,32
HC05	HC05	1	Módulo Bluetooth HC 05	7,357143	0	7,36

				SUBTOTAL 12%	43,39
				subtotal 0%	0
	Forma de pago	de	Valor	subtotal no objeto de iva	0
01	- Sin utilización del sistema financiero		48,00	subtotal excepto de iva	0
				subtotal sin impuestos total, de descuento	43,39
				iva 12%	0
				irbpr	0
				propina	0
				VALOR TOTAL	48

La plataforma AliExpress es una compañía de ventas por internet por pequeñas empresas del país de China, esta empresa ofrece productos para compradores internacionales. Además de ser la propiedad de Alibaba Group, en donde adquirimos nuestro producto.

Tabla 14. Equipo diadema Neurosky Mindwave

Transaction	Quantity	Price	Sales Tax Rate	Sales Tax Amount	Total, inclusive of Sales Tax
		(USD)		(USD)	(USD)
Neurosky Mindwave Mobile 2 brainwave headset for Mental Training	1	251.68	70	17.62	269.30
TGAM Starter Kit EEG Sensor with APK Cable for IOS/Android					
Delivery Charge	1	9.15		0.64	9.79
Total, amount in USD				18.26	279.09

4.2.3. Metodología XP

4.2.3.1. Fase de planificación

En esta etapa inicial de la metodología XP, se listan las funciones de cada miembro del equipo en el desarrollo del proyecto, junto con el tiempo asignado a cada fase de la metodología.

a) Roles

Tabla 15. Roles

Nombre	Descripción	Rol
Msc. Samuel Lascano	Tutor	Asesor
Anthony Calderón	Desarrollador	Programador
Jefferson Ascanta	Desarrollador	Programador
Lcda. Heidy Revelo	Gerente del Centro de Rehabilitación	Informadora

b) Estimación de tiempo

En esta sección, podemos determinar el tiempo en horas y días relacionada a cada semana que abarca la realización de las tareas previstas en las etapas de la metodología.

Tabla 16. Estimación de tiempo

Semana	Días	Horas
1	1	4
1	3	6
1	4	9
1	5	13
2	9	18
2	11	23
3	16	28
3	17	32
4	25	35

c) Historia de usuario

En esta etapa consiste en diseñar los requisitos necesarios para desarrollar el software neuronal de funcionamiento de un Exo-brazo. A continuación, se detallan estos requisitos:

Tabla 17. Historia de usuario encender la diadema

Historia de usuario	
Nº: 1	Usuario: Estudiante
Nombre historia: Encender la diadema	
Prioridad: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Responsable: Anthony Calderón, Jefferson Ascanta	

Descripción: El paciente primero tendrá que encender la diadema con un botón situado en su parte trasera, de tal forma que se observe un led de color rojo indicando que esta lista para su uso, caso contrario verificar la carga de la batería.

Tabla 18. Historia de usuario colocación de la diadema

Historia de usuario	
Nº: 2	Usuario: Estudiante
Nombre historia: Colocación de la diadema	
Prioridad: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Responsable: Anthony Calderón, Jefferson Ascanta	
Descripción: Luego de estar encendida el paciente colocara la diadema en la cabeza, asegurándose que los sensores estén de la posición y ubicación correcta	

Tabla 19. Historia de usuario montar el Exo-brazo

Historia de usuario	
Nº: 3	Usuario: Estudiante
Nombre historia: Montar del Exo-brazo	
Prioridad: Media	Riesgo en desarrollo: Medio
Responsable: Anthony Calderón, Jefferson Ascanta	
Descripción: Se deberá adaptar el Exo-brazo a la extremidad superior que va a ser rehabilitada, tomando en cuenta que la parte de brazo este en el mismo eje que la parte del antebrazo.	

Tabla 20. Historia de usuario implementación de las baterías

Historia de usuario	
Nº: 4	Usuario: Estudiante
Nombre historia: Implementación de las baterías	
Prioridad: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Responsable: Anthony Calderón, Jefferson Ascanta	
Descripción: Se tendrá que verificar que las baterías AAA que alimentan al servomotor para el movimiento del Exo-brazo se encuentren debidamente cargadas y brinden el voltaje necesario para el movimiento del Exo-brazo.	

Tabla 21. Historia de usuario conexión de la alimentación de la placa Arduino

Historia de usuario	
Nº: 5	Usuario: Estudiante
Nombre historia: Conexión de la alimentación a la placa Arduino	
Prioridad: Media	Riesgo en desarrollo: Media
Responsable: Anthony Calderón, Jefferson Ascanta	
Descripción: Se realizará la conexión con el cable de alimentación USB al computador para que pueda brindar energía a la placa Arduino y modulo bluetooth y así se pueda leer las señales.	

Tabla 22. Historia de usuario implementación de las baterías

Historia de usuario	
Nº: 6	Usuario: Estudiante
Nombre historia: Funcionamiento del circuito	
Prioridad: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Responsable: Anthony Calderón, Jefferson Ascanta	

Descripción: Se realizó la compra de los implementos con la ayuda de un experto de la carrera y posterior con la implementación

Tabla 23. Historia de usuario ingreso a la interfaz gráfica

Historia de usuario	
Nº: 7	Usuario: Estudiante
Nombre historia: Ingreso a la interfaz grafica	
Prioridad: Media	Riesgo en desarrollo: Media
Responsable: Anthony Calderón, Jefferson Ascanta	
Descripción: Para que el paciente puede verificar y visualizar el valor de atención que está enviando la diadema a través de un valor y una gráfica debe acceder a la interfaz diseñada por los desarrolladores del proyecto.	

Tabla 24. Historia de usuario desplazamiento en el eje y del prototipo

Historia de usuario	
Nº: 8	Usuario: Estudiante
Nombre historia: desplazamiento en el eje y del prototipo	
Prioridad: Media	Riesgo en desarrollo: Media
Responsable: Anthony Calderón, Jefferson Ascanta	
Descripción: Una vez realizado todos los pasos se procede a poner en funcionamiento el software neuronal con la flexión del brazo, cuando el paciente está atento sube el brazo y caso contrario regresa a su posición inicial.	

d) Tareas de usuario

Tabla 25. Compra de batería

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 1	Numero de historia: 1
Nombre de la tarea: Compra de batería	
Tipo de tarea: Compra	
Fecha de inicio: 27/10/2022	Fecha de fin: 27/10/2022
Programador responsable: Anthony Calderón	
Descripción: Compra de una batería adecuada que brinde la carga necesaria a la diadema.	

Tabla 26. Compra de la diadema

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 2	Numero de historia: 2
Nombre de la tarea: Compra de la diadema	
Tipo de tarea: Compra	
Fecha de inicio: 28/10/2022	Fecha de fin: 05/01/2023
Programador responsable: Anthony Calderón	
Descripción: Compra de la diadema en AliExpress desde la ciudad de Hong Kong	

Tabla 27. Instalación del software App Central

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 3	Numero de historia: 2
Nombre de la tarea: Instalación software Neurosky App Central	
Tipo de tarea: Instalación	
Fecha de inicio: 06/01/2023	Fecha de fin: 06/01/2023

Programador responsable: Anthony Calderón
Descripción: Se procedió a instalar el software App Central para analizar el funcionamiento que tiene la diadema y la verificación de las señales.

Tabla 28. Diseño del Exo-brazo

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 4	Numero de historia: 3
Nombre de la tarea: Diseño del Exo-brazo	
Tipo de tarea: Diseño	
Fecha de inicio: 08/01/2023	Fecha de fin: 02/02/2023
Programador responsable: Anthony Calderón	
Descripción: Se diseñaron los planos en Solidworks con las medidas promedio de un brazo humano y la funcionalidad requerida para la rehabilitación.	

Tabla 29. Presentación del diseño del Exo-brazo a un experto

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 5	Numero de historia: 3
Nombre de la tarea: Presentación del diseño del Exo-brazo a un experto	
Tipo de tarea: Presentación	
Fecha de inicio: 03/02/2023	Fecha de fin: 03/02/2023
Programador responsable: Anthony Calderón	
Descripción: Para la validación del Exo-brazo se presentó al Dr. Luis Martínez, experto en el área de rehabilitación quien nos indicó la eficiencia que va a tener el prototipo en los pacientes.	

Tabla 30. Compra del material PLA

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 6	Numero de historia: 3
Nombre de la tarea: Compra del material PLA	
Tipo de tarea: Compra	
Fecha de inicio: 06/02/2023	Fecha de fin: 13/02/2023
Programador responsable: Jefferson Ascanta	
Descripción: Para la impresión del Exo-brazo se realizó una solicitud al director de la carrera de computación para posterior adquirir el material PLA.	

Tabla 31. Impresión del Exo-brazo

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 7	Numero de historia: 3
Nombre de la tarea: Impresión del Exo-brazo	
Tipo de tarea: Impresión	
Fecha de inicio: 20/02/2023	Fecha de fin: 28/02/2023
Programador responsable: Jefferson Ascanta	
Descripción: Con la aprobación de la solicitud se dio paso a la impresión del Exo-brazo con ayuda de las impresoras 3D que tiene el laboratorio del FatLab.	

Tabla 32. Rediseño de las férulas

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 8	Numero de historia: 3
Nombre de la tarea: Rediseño de forma de férulas	
Tipo de tarea: Rediseño	
Fecha de inicio: 01/03/2023	Fecha de fin: 03/03/2023
Programador responsable: Jefferson Ascanta	

Descripción: Para dar la forma correcta de las férulas en base a un brazo, se procedió con una pistola de calor a dar la forma circular de los extremos de las dos férulas

Tabla 33. Ensamblar las piezas del Exo-brazo

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 9	Numero de historia: 3
Nombre de la tarea: Ensamblar las piezas del Exo-brazo	
Tipo de tarea: Formar el prototipo	
Fecha de inicio: 06/03/2023	Fecha de fin: 10/03/2023
Programador responsable: Jefferson Ascanta	
Descripción: Para dar la forma correcta de las férulas en base a un brazo, se procedió con una pistola de calor a dar la forma circular de los extremos de las dos férulas	

Tabla 34. Compra de baterías

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 10	Numero de historia: 4
Nombre de la tarea: Compra de las baterías recargables	
Tipo de tarea: Compra	
Fecha de inicio: 13/03/2023	Fecha de fin: 16/03/2023
Programador responsable: Jefferson Ascanta	
Descripción: Para la alimentación del servomotor se procedió a comprar 4 baterías AAA que realizaran el movimiento rotacional del servomotor.	

Tabla 35. Compra de cable USB

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 11	Numero de historia: 5
Nombre de la tarea: Compra de un cable USB	
Tipo de tarea: Compra	
Fecha de inicio: 17/03/2023	Fecha de fin: 17/03/2023
Programador responsable: Anthony Calderón	
Descripción: Para que el Exo-brazo brinde mayor comodidad al paciente, se compró un cable de entrada y salida USB para que pueda alimentar de energía a la placa Arduino nano, modulo bluetooth y leds.	

Tabla 36. Compra de implementos electrónicos

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 12	Numero de historia: 6
Nombre de la tarea: Compra de los implementos electrónicos	
Tipo de tarea: Compra	
Fecha de inicio: 20/03/2023	Fecha de fin: 24/03/2023
Programador responsable: Anthony Calderón	
Descripción: Se realizó la compra de los instrumentos electrónicos en una empresa en la ciudad de quito según las características que nos sugirió el experto de la materia.	

Tabla 37. Construir el circuito

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 13	Numero de historia: 6
Nombre de la tarea: Construir el circuito	
Tipo de tarea: Implementación	
Fecha de inicio: 27/03/2023	Fecha de fin: 16/04/2023

Programador responsable: Anthony Calderón
Descripción: Se identificó diferentes diagramas de guía para implementar la mejor ruta de conexión de datos entre el módulo bluetooth HC-04 de la diadema y HC-05 que está en la protoboard.

Tabla 38. Desarrollo del código en lenguaje C

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 14	Numero de historia: 6
Nombre de la tarea: Desarrollo del código en lenguaje C	
Tipo de tarea: Implementación	
Fecha de inicio: 17/04/2023	Fecha de fin: 26/05/2023
Programador responsable: Anthony Calderón	
Descripción: Se instaló las librerías correspondientes para el software de la diadema, además se programó el código tomando en cuenta los pines en los que están situados los instrumentos electrónicos.	

Tabla 39. Presentación del nivel de atención

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 15	Numero de historia: 6
Nombre de la tarea: Presentación del nivel de atención	
Tipo de tarea: Presentación	
Fecha de inicio: 29/05/2023	Fecha de fin: 08/06/2023
Programador responsable: Anthony Calderón	
Descripción: Se imprimió los valores en el monitor serial IDE Arduino que nos está transmitiendo la diadema neuronal.	

Tabla 40. Desarrollo de la interfaz gráfica

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 16	Numero de historia: 7
Nombre de la tarea: Desarrollo de la interfaz grafica	
Tipo de tarea: Desarrollo	
Fecha de inicio: 09/06/2023	Fecha de fin: 03/07/2023
Programador responsable: Anthony Calderón	
Descripción: Para la visualización de los datos en formato de número y grafica se desarrolló una interfaz gráfica en LabVIEW para que puedan observar los pacientes y el público en general el nivel de atención que tiene el paciente.	

Tabla 41. Prueba de funcionamiento

Tarea de usuario	
Número de la tarea: 17	Numero de historia: 8
Nombre de la tarea: Prueba de funcionamiento	
Tipo de tarea: Pruebas	
Fecha de inicio: 04/07/2023	Fecha de fin: 13/07/2023
Programador responsable: Anthony Calderón	
Descripción: Para verificar la funcionalidad de probó con los mismos investigadores y determinar si cumple el "Software neuronal para el manejo de un Exo-brazo" con el objetivo.	

e) Estimación de tareas de usuario

Tabla 42. Estimación de tareas de usuario

Estimación de tareas de usuario			
Numero de historia	Numero de tarea	Nombre de la tarea	Estimación por horas
1	1	Compra de batería	1
	2	Compra de la diadema	2
2	3	Instalación software Neurosky App Central	2
	4	Diseño del Exo-brazo	48
	5	Presentación del diseño del Exo-brazo a un experto	4
	6	Compra del material PLA	6
3	7	Impresión del Exo-brazo	24
	8	Rediseño de forma de férula	5
	9	Ensamblar las piezas del Exo-brazo	7
4	10	Compra de las baterías recargables	6
5	15	Compra del cable USB	2
	11	Compra de los implementos electrónicos	7
6	12	Construir el circuito	30
	13	Desarrollo del código en lenguaje C	60
	14	Presentación del nivel de atención	10
7	16	Desarrollo de la interfaz	15
8	17	Prueba de funcionamiento	4

f) Plan de entrega de proyectos

Tabla 43. Plan de entrega del proyecto

Plan de entrega del proyecto							
Numero de historia	de	Interacción	Prioridad	Estimación por semana	Fecha de inicio	de	Fecha de culminación
1		1	Alta	1	27/10/2022		27/10/2022
2		1	Alta	10	28/10/2022		06/01/2023
3		1	Media	8	08/01/2023		10/03/2023
4		1	Alta	1	13/03/2023		16/03/2023
5		1	Alta	6	17/03/2023		17/05/2023
6		1	Media	1	20/03/2023		08/06/2023
7		1	Media	4	09/06/2023		03/07/2023
8		1	Media	1	04/07/2023		13/07/2023
Semanas en total:				32			

4.2.3.2. Fase de diseño

Se realizó el diseño de un prototipo inicial del Exo-brazo para conocer su funcionalidad, movimiento y los componentes que puede tener el diseño final.

Prototipo inicial

i. Diseño de la diadema



Figura 21. Diseño de la diadema

ii. Diseño del Exo-brazo

Para el diseño de las férulas del brazo y antebrazo se utilizó el software SolidWorks lo cual permitirá realizar diseños 2D, 3D que necesitamos para el ensamblaje del proyecto y este software contribuye de forma intuitiva y permite de manera intuitiva y aligerada el diseño de modelos sólidos en 3D.

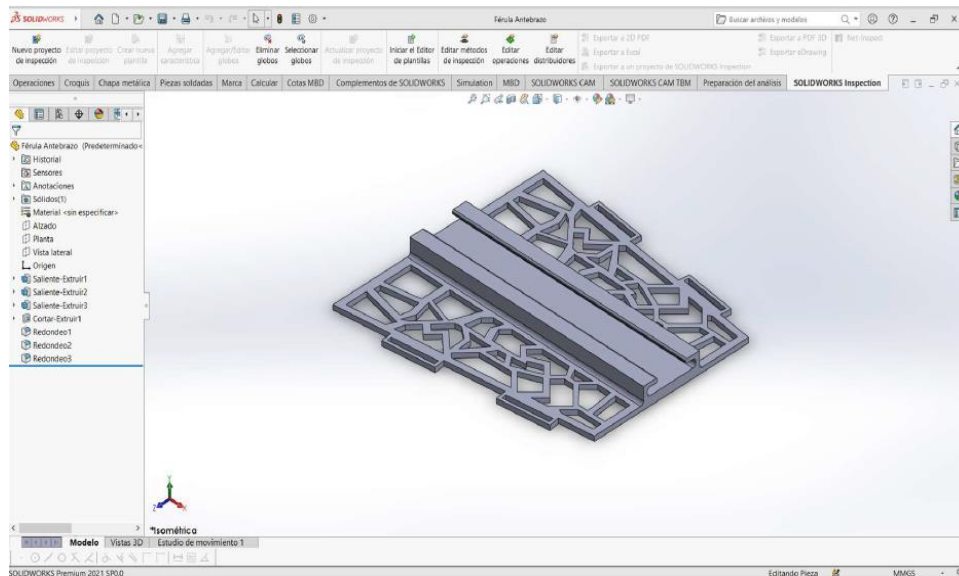


Figura 22. Diseño férula antebrazo (Solidworks)

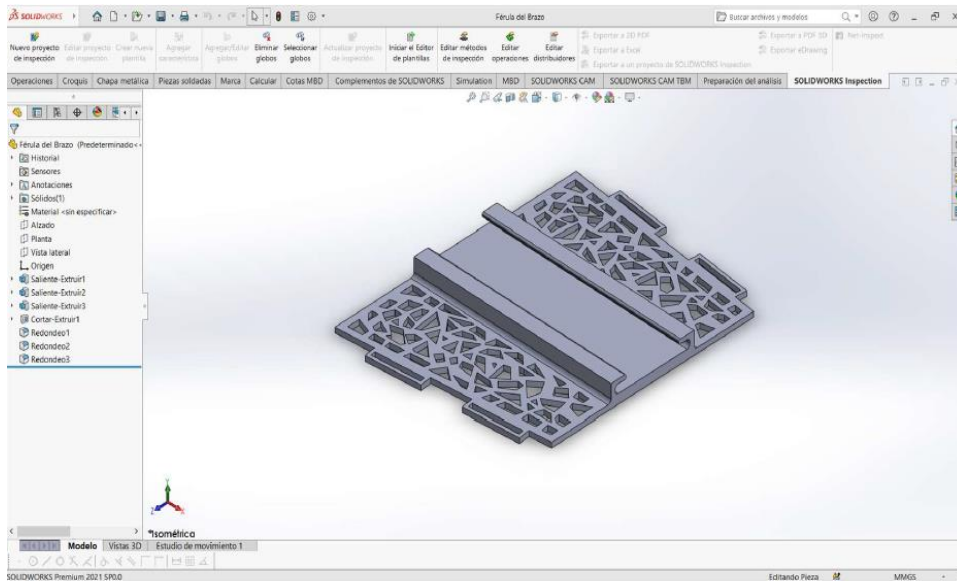


Figura 23. Diseño férula de brazo (Solidworks)

El diseño de la biela y la manivela se creó con dos barras que se ajustaban a las especificaciones: el cigüeñal es más pequeño que la biela. Para determinar las dimensiones de las dos bielas se utilizó la teoría existente de los paralelogramos, donde la longitud de la biela es la longitud desde el centro de gravedad del brazo hasta la articulación del codo, y la longitud de la manivela es la longitud desde articulación del codo al antebrazo. Así se obtuvieron las medidas finales para cada una de las dos barras del brazo y el antebrazo.

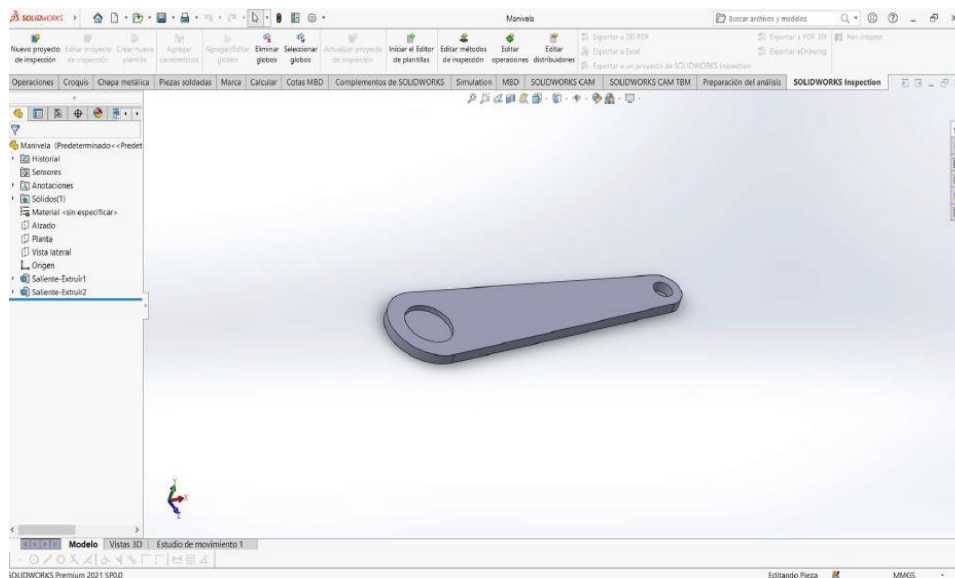


Figura 24. Diseño manivela (Solidworks)

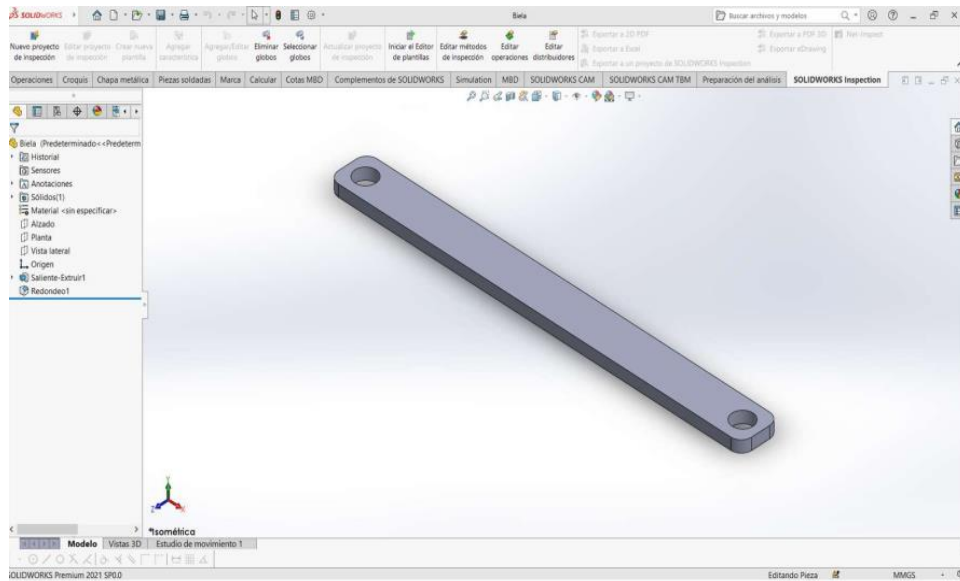


Figura 25. Diseño de la biela (Solidworks)

Tenemos los diseños de la tapa y el pin, esto ara una de la biela y manivela para que al momento de realizar las debidas funciones tenga un libre movimiento y un mejor desplazamiento.

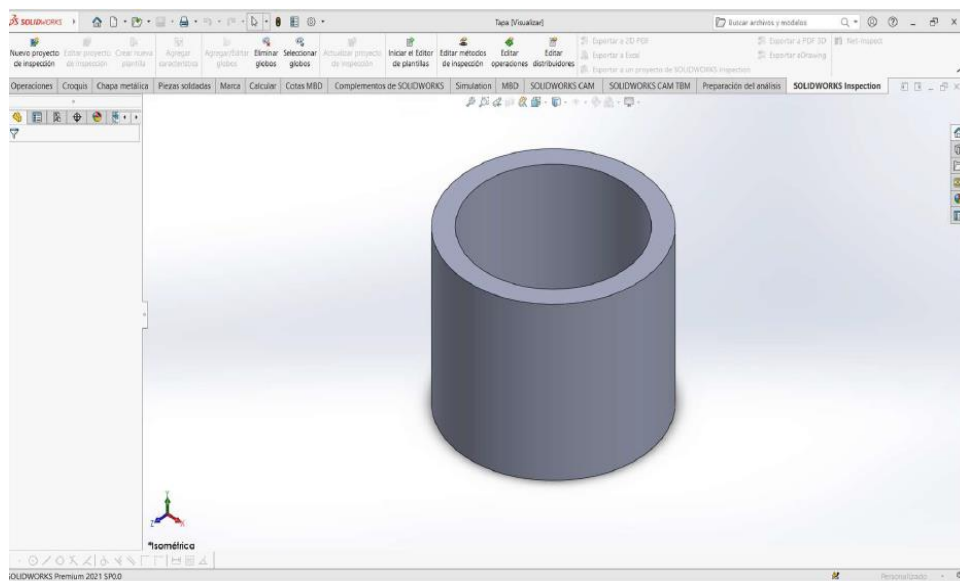


Figura 26. Diseño de la tapa (Solidworks)

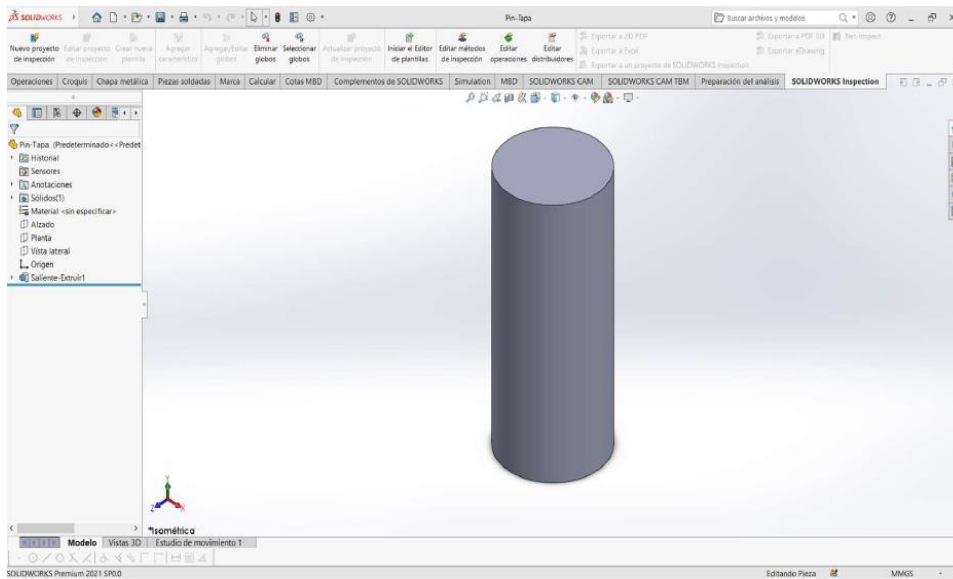


Figura 27. Diseño de la unión de la tapa (Solidworks)

El diseño de una caja para un servomotor, es donde va a fijarse para el punto medio del riel que tiene el brazo. Dentro de la caja, hay una pequeña abertura de 8,50 a 6 mm, en donde los claves tienen una salida para alimentación, tierra y comunicación del servomotor.

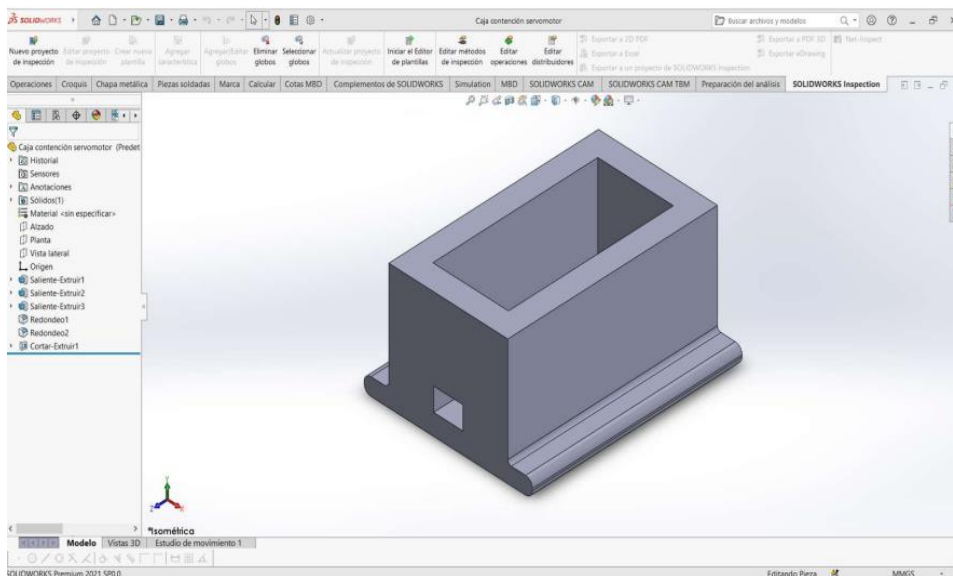


Figura 28. Diseño de la caja para el servomotor (Solidworks)

Por último, tenemos el diseño del pasador o pin, que conecta la férula de antebrazo a la biela. Este pasador estará fijo e inmóvil dentro de los parámetros del antebrazo. Además, las dimensiones de la conexión se basan en las longitudes de la férula de antebrazo.

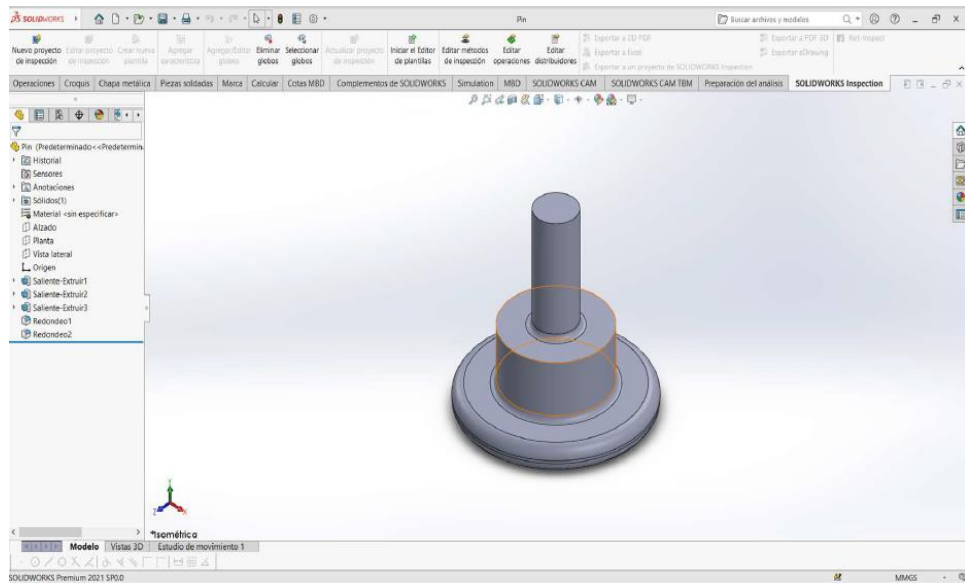


Figura 29. Diseño del pin (Solidworks)

Diseño del circuito

iii. Diseño de la interfaz gráfica



Figura 30. Diseño interfaz gráfica

4.2.3.3. Fase de codificación

Instalación de la librería Mindwave Master

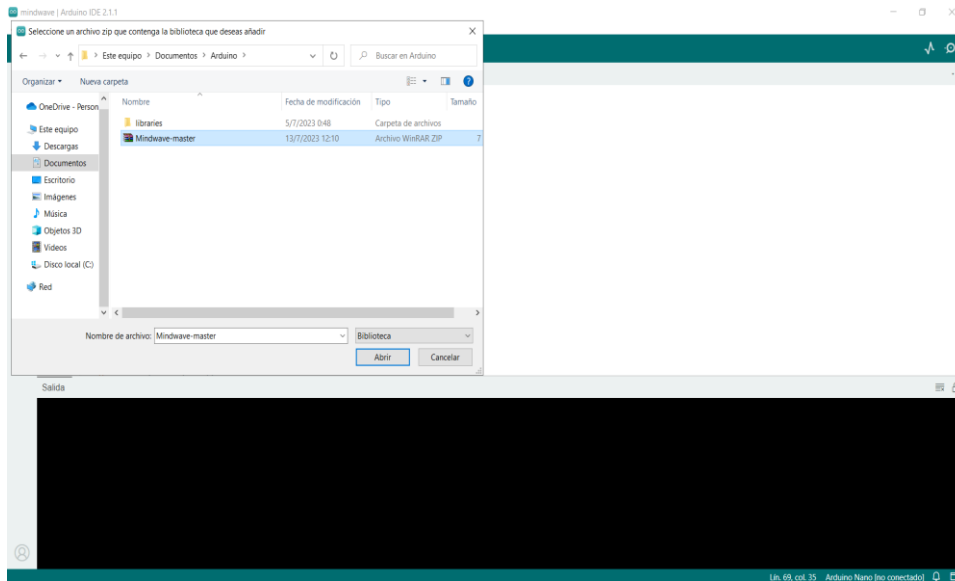


Figura 31. Diseño interfaz grafica

Código en lenguaje C

```
mindwave.ino prueba_1_mindwave.ino  
  
1 #include <Mindwave.h> //  
2 #include <Servo.h>  
3  
4 Mindwave mindwave;
```

Figura 32. Incluir las librerías

```

6   const int atPin = 7;
7   const int medPin = 8;
8
9   int atencion=0;
10  int meditacion=0;
11
12  int pos = 0;
13  Servo myservo;
14

```

Figura 33. Inicializar las variables

```

15  void setup() {
16  |   Serial.begin(MINDWAVE_BAUDRATE);
17  |   myservo.attach(9);
18  |   myservo.write(0);
19  |   pinMode(atPin, OUTPUT);
20  |   pinMode(medPin, OUTPUT);
21  |   digitalWrite(atPin, LOW);
22  |   digitalWrite(medPin, LOW);
23  |
24  |   Serial.println("Inicio");
25  | }
26

```

Figura 34. Definición del led

```
27 void onMindwaveData(){
28     Serial.print("\tquality: ");
29     Serial.print(mindwave.quality());
30     Serial.print("\tattention: ");
31     Serial.print(mindwave.attention());
32     Serial.print("\tmeditation: ");
33     Serial.print(mindwave.meditation());
34     Serial.print("\tlast update: ");
35     Serial.print(mindwave.lastUpdate());
36     Serial.print("ms ago");
37     Serial.println();
38
39     atencion = mindwave.attention();
40     meditacion = mindwave.meditation();
41 }
```

Figura 35. Impresión de los datos

```
43 void loop() {
44     mindwave.update(Serial,onMindwaveData);
45
46
47     if(atencion >= 80 && meditacion < atencion)
48     {
49         digitalWrite(atPin, HIGH);
50         digitalWrite(medPin, LOW);
51         // delay(5);
52         myservo.write(180);
53     }
54     else
55     {
56         if(meditacion >= 75 && meditacion > atencion)
57         {
58             digitalWrite(medPin, HIGH);
59             digitalWrite(atPin, LOW);
60             //delay(5);
61             myservo.write(0);
62         }
63         else
64         {
65             digitalWrite(atPin, LOW);
66             digitalWrite(medPin, LOW);
67         }
68     }
69 }
```

Figura 36. Condición para los leds y el servomotor

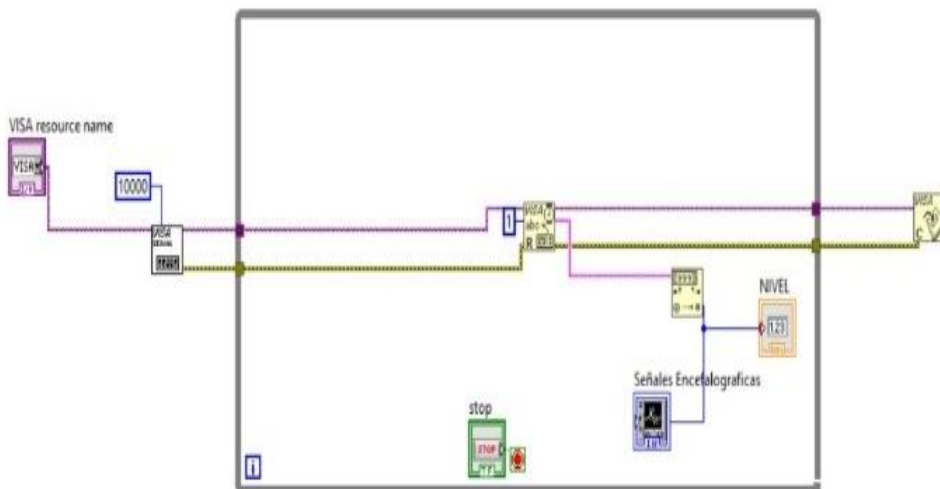


Figura 37. Programación en bloques

4.2.3.4. Fase de pruebas

Las pruebas para medir la aceptación se realizaron para determinar el correcto funcionamiento del software neuronal para el manejo de un Exo-brazo, que se muestran a continuación:

Tabla 44. Prueba de aceptación encendido correcto de la diadema

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Colocación correcta de la batería	
Código: 1	N° historia de usuario: 1
Historia de usuario: Encender la diadema	
Condiciones de ejecución: El paciente debe adquirir una batería nueva para un correcto funcionamiento.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none">• El paciente debe verificar que el switch de la diadema se encuentre en on.	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none">• La diadema indicara a través de un led de color rojo que está encendida.	
Evaluación de la prueba: Encendido correcto de la diadema	

Tabla 45. Prueba de aceptación encendido incorrecto de la diadema

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Colocación incorrecta de la batería	
Código: 2	N° historia de usuario: 1
Historia de usuario: Encender la diadema	
Condiciones de ejecución: El paciente debe adquirir una batería nueva para un correcto funcionamiento.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none">• El paciente coloca los polos opuestos al diagrama de ejemplo de la diadema.	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none">• La diadema no indica a través de su led rojo que está encendida.	
Evaluación de la prueba: Encendido incorrecto de la diadema	

Tabla 46. Prueba de aceptación colocación correcta de la diadema

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Colocación correcta de la diadema	
Código: 3	N° historia de usuario: 2
Historia de usuario: Colocación de la diadema	
Condiciones de ejecución: El paciente debe seguir las instrucciones de posicionamiento de la diadema para un correcto funcionamiento del dispositivo.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none">• El paciente deberá asegurarse que el sensor frontal este en contacto con la frente• Se deberá colocar el sensor en forma de pinza en la oreja	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none">• La diadema esta lista para la transmisión de datos	
Evaluación de la prueba: Colocación correcta de la diadema	

Tabla 47. Prueba de aceptación colocación incorrecta de la diadema

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Colocación incorrecta de la diadema	
Código: 4	Nº historia de usuario: 2
Historia de usuario: Colocación de la diadema	
Condiciones de ejecución: El paciente debe seguir las instrucciones de posicionamiento de la diadema para un correcto funcionamiento del dispositivo.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none">• El paciente no se percató que el sensor frontal no está en contacto con la frente• El paciente no se coloca el sensor en forma de pinza en la oreja	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none">• La diadema no transmite los datos	
Evaluación de la prueba: Colocación incorrecta de la diadema	

Tabla 48. Prueba de aceptación adaptación correcta del Exo-brazo

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Adaptación correcta del Exo-brazo	
Código: 5	Nº historia de usuario: 3
Historia de usuario: Montar el Exo-brazo	
Condiciones de ejecución: El paciente debe colocar el brazo en una posición vertical	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none">• El Exo-brazo se lo debe ajustar al volumen del brazo del paciente.• El Exo-brazo tiene que estar colocado en una postura vertical para que el servomotor aplique el torque necesario al levantar el brazo.	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none">• El Exo-brazo no va a tener riesgo de separarse de la extremidad superior.• El Exo-brazo puede levantar el peso del brazo en un eje y de 90 grados.	
Evaluación de la prueba: Adaptación correcta del Exo-brazo	

Tabla 49. Prueba de aceptación adaptación incorrecta del Exo-brazo

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Adaptación incorrecta del Exo-brazo	
Código: 6	Nº historia de usuario: 3
Historia de usuario: Montar el Exo-brazo	
Condiciones de ejecución: El paciente debe colocar el brazo en una posición vertical, sujetado a la extremidad superior.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none">• El Exo-brazo no se lo ajusta a la extremidad superior del paciente.• El Exo-brazo tiene un desfase en su posición.	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none">• El Exo-brazo está en riesgo que se pueda desprender de la extremidad del paciente causando daños en su estructura y su funcionamiento.• El Exo-brazo no puede ejercer la fuerza para levantar el peso requerido.	
Evaluación de la prueba: Adaptación incorrecta del Exo-brazo	

Tabla 50. Prueba de aceptación implementación correcta de las baterías

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Implementación correcta de las baterías	
Código: 7	Nº historia de usuario: 4
Historia de usuario: Implementación de las baterías	
Condiciones de ejecución: Se deberán colocar las 4 baterías AAA en el módulo de baterías para que el servomotor pueda ejercer su función.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none">• Se deberá verificar que las baterías envíen el voltaje adecuado para mover el Exo-brazo• Las baterías AAA tendrán que ser colocadas en la posición correcta.	

Resultado esperado:

- El Exo-brazo levantar con dificultad el peso del brazo
- No existirá funcionamiento en el desplazamiento del Exo-brazo

Evaluación de la prueba: Implementación correcta de las baterías

Tabla 51. Prueba de aceptación implementación incorrecta de las baterías

Pruebas de aceptación

Nombre de la prueba: Implementación incorrecta de las baterías

Código: 8

Nº historia de usuario: 4

Historia de usuario: Implementación de las baterías

Condiciones de ejecución: Se deberán colocar las 4 baterías AAA en el módulo de baterías para que el servomotor pueda ejercer su función.

Entrada/pasos de ejecución:

- Se deberá verificar que las baterías envíen el voltaje adecuado para mover el Exo-brazo
- Las baterías AAA tendrán que ser colocadas en la posición correcta.

Resultado esperado:

- El Exo-brazo levantar con dificultad el peso del brazo
- No existirá funcionamiento en el desplazamiento del Exo-brazo

Evaluación de la prueba: Implementación incorrecta de las baterías

Tabla 52. Transmisión de energía

Pruebas de aceptación

Nombre de la prueba: Transmisión de energía

Código: 9

Nº historia de usuario: 5

Historia de usuario: Conexión de la alimentación a la placa Arduino

Condiciones de ejecución: Se deberá colocar un extremo a la entrada USB del computador y la otra a la placa Arduino.

Entrada/pasos de ejecución:

- Se deberá adaptar la extensión con entrada y salida USB para una mayor comodidad del paciente.
- Las baterías AAA tendrán que ser colocadas en la posición correcta.

Resultado esperado:

- El Exo-brazo levantar con dificultad el peso del brazo
- No existirá funcionamiento en el desplazamiento del Exo-brazo

Evaluación de la prueba: Implementación incorrecta de las baterías

Tabla 53. Prueba de aceptación operación correcta del circuito

Pruebas de aceptación

Nombre de la prueba: Operación correcta del circuito

Código: 10

Nº historia de usuario: 6

Historia de usuario: Funcionamiento del circuito

Condiciones de ejecución: Se tiene que verificar que todos los cables del circuito estén correctamente conectados.

Entrada/pasos de ejecución:

- El paciente debe asegurarse que no exista ningún cable suelto.
- El paciente debe verificar que la luz del Arduino debe estar titilando para para identificar que la placa Arduino está recibiendo los datos.
- El paciente debe comprobar que el módulo bluetooth se enciende cada dos segundos indicando que se ha establecido la conexión con la diadema
- El paciente debe ubicar el brazo en la posición indicada para que empiece a desplazarse en un eje y.

Resultado esperado:

- El paciente tendrá una excelente comunicación entre los instrumentos electrónicos.
- El paciente tendrá la certeza que el Arduino está recibiendo los datos de una forma correcta.
- El paciente podrá observar que la diadema y el circuito están conectados correctamente.
- El paciente obtendrá los resultados esperados en la rehabilitación de su brazo.

Evaluación de la prueba: Operación correcta del circuito

Tabla 54. Prueba de aceptación operación incorrecta del circuito

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Operación incorrecta del circuito	
Código: 11	Nº historia de usuario: 6
Historia de usuario: Funcionamiento del circuito	
Condiciones de ejecución: El paciente deberá verificar que los cables del circuito estén todos debidamente conectados.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente debe asegurarse que no exista ningún cable suelto. • El paciente debe verificar que la luz del Arduino debe estar titilando para para identificar que la placa Arduino está recibiendo los datos. • El paciente debe comprobar que el módulo bluetooth se enciende cada dos segundos indicando que se ha establecido la conexión con la diadema • El paciente debe ubicar el brazo en la posición indicada para que empiece a desplazarse en un eje y. 	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente no obtendrá la comunicación entre los diferentes dispositivos que conforman el circuito. • El paciente no podrá procesar los datos recogidos por el módulo bluetooth. • El paciente no estará conectado con el circuito impidiendo que se transmitan los datos. • El paciente puede ocasionar un aislamiento en los engranajes del servomotor. 	
Evaluación de la prueba: Implementación incorrecta de las baterías	

Tabla 55. Prueba de aceptación ingreso correcto a la interfaz gráfica

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Ingreso correcto a la interfaz gráfica	
Código: 12	Nº historia de usuario: 7
Historia de usuario: Ingreso a la interfaz grafica	
Condiciones de ejecución: El paciente deberá tener instalado en su ordenador un pequeño programa llamado LabVIEW Runtime Engine.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente deberá instalar el software indicado. • El paciente deberá tener el ejecutable de la interfaz del software neuronal. • El paciente ejecutara el archivo .exe para abrir la interfaz del software neuronal. 	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente no tendrá errores al ejecutar el archivo .exe • El paciente estará seguro del software que va a ejecutar • El paciente podrá observar los datos que se están procesando en la placa Arduino. 	
Evaluación de la prueba: Ingreso correcto a la interfaz gráfica	

Tabla 56. Prueba de aceptación ingreso incorrecto a la interfaz gráfica

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Ingreso incorrecto a la interfaz gráfica	
Código: 13	Nº historia de usuario: 7
Historia de usuario: Implementación de las baterías	
Condiciones de ejecución: El paciente deberá tener instalado en su ordenador un pequeño programa llamado LabVIEW Runtime Engine.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente deberá instalar el software indicado. • El paciente deberá tener el ejecutable de la interfaz del software neuronal. • El paciente ejecutara el archivo .exe para abrir la interfaz del software neuronal. 	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente obtendrá un error al no encontrar un software que abra la interfaz gráfica • El paciente estará seguro del software que va a ejecutar • El paciente obtendrá un error de sistema 	
Evaluación de la prueba: Ingreso incorrecto a la interfaz gráfica	

Tabla 57. Prueba de aceptación desplazamiento correcto del prototipo

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Desplazamiento correcto del prototipo	
Código: 14	N° historia de usuario: 8
Historia de usuario: Desplazamiento en el eje y del prototipo	
Condiciones de ejecución: El paciente deberá ubicar el prototipo del Exo-brazo en la ubicación correcta y de forma vertical.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente debe ubicar el Exo-brazo en una posición totalmente vertical. 	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente observara el eficiente uso del Exo-brazo, moviéndose de abajo hacia arriba. 	
Evaluación de la prueba: Desplazamiento correcto del prototipo	

Tabla 58. Prueba de aceptación desplazamiento incorrecto del prototipo

Pruebas de aceptación	
Nombre de la prueba: Desplazamiento incorrecto del prototipo	
Código: 15	N° historia de usuario: 8
Historia de usuario: Desplazamiento en el eje y del prototipo	
Condiciones de ejecución: El paciente deberá ubicar el prototipo del Exo-brazo en la ubicación correcta y de forma vertical.	
Entrada/pasos de ejecución:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente debe ubicar el Exo-brazo en una posición totalmente vertical. 	
Resultado esperado:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente no observara el objetivo principal del proyecto y ocasionara errores mecánicos del sistema electrónico. 	
Evaluación de la prueba: Implementación correcta de las baterías	

Tabla 59. Pasos para la evaluación de las pruebas

Nro.	Proceso de evaluación de prueba	Resultados
1	Colocación correcta de las baterías	Exitoso
2	Colocación incorrecta de las baterías	Exitoso
3	Colocación correcta de la diadema	Exitoso
4	Colocación incorrecta de la diadema	Exitoso
5	Adaptación correcta del Exo-brazo	Exitoso
6	Adaptación incorrecta del Exo-brazo	Exitoso
7	Operación correcta del circuito	Exitoso
8	Operación incorrecta del circuito	Exitoso
9	Ingreso correcto a la interfaz	Exitoso
10	Ingreso incorrecto a la interfaz	Exitoso

4.3. RESULTADOS

4.3.1. Electrónica y funcionamiento

En el desarrollo de nuestro proyecto de investigación obtuvimos los resultados que los listamos a continuación:

Se adjunta los resultados de los códigos fuentes tanto de la diadema y el software de Arduino.

a) Arduino

```
interfaz.ino
1 #include <Mindwave.h> //PWC 042210200917
2 #include <Servo.h>
3
4 Mindwave mindwave;
5
6 const int atPin = 7;
7 const int medPin = 8;
8
9 int atencion=0;
10 int meditacion=0;
11
12 int pos = 0;
13 Servo myservo;
14
15 void setup() {
16   Serial.begin(MINDWAVE_BAUDRATE);
17   myservo.attach(9);
18   myservo.write(0);
19   pinMode(atPin, OUTPUT);
20   pinMode(medPin, OUTPUT);
21   digitalWrite(atPin, LOW);
22   digitalWrite(medPin, LOW);
23
24   Serial.println("Inicio");
25 }
26
```

```
interfaz.ino
27
28 void onMindwaveData(){
29   Serial.print("\tquality: ");
30   Serial.print(mindwave.quality());
31   Serial.print("\tattention: ");
32   Serial.print(mindwave.attention());
33   Serial.print("\tmeditation: ");
34   Serial.print(mindwave.meditation());
35   Serial.print("\tlast update: ");
36   Serial.print(mindwave.lastupdate());
37   Serial.print("ms ago");
38   Serial.println();
39
40   atencion = mindwave.attention();
41   meditacion = mindwave.meditation();
42 }
43
44
45
46
47
```

```
interfaz.ino
48
49 void loop() {
50   mindwave.update(Serial, onMindwaveData);
51
52   if(atencion >= 40 //|| meditacion < atencion)
53   {
54     digitalWrite(atPin, HIGH);
55     digitalWrite(medPin, LOW);
56     // delay(5);
57     myservo.write(130);
58   }
59   else
60   {
61     if(atencion <= 39 //|| meditacion > 1){
62       digitalWrite(medPin, HIGH);
63       digitalWrite(atPin, LOW);
64       //delay(5);
65       myservo.write(0);
66     }
67   }
68 }
```

```

72 else
73
74 {
75     digitalWrite(ADPin, LOW);
76     digitalWrite(MSPin, LOW);
77 }
78
79
80 }
81
82

```

Figura 38. Código Fuente en Arduino

b) Señales de la diadema

```

interfaz.ino
1 #include <Mindwave.h> //MAC 042210200917
2 #include <Servo.h>
3
4 Mindwave mindwave;

```

Serial Monitor x Output

Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COM4')

quality: 100	attention: 47	meditation: 54	last update: 1002ms ago
quality: 100	attention: 26	meditation: 50	last update: 995ms ago
quality: 100	attention: 21	meditation: 50	last update: 993ms ago
quality: 100	attention: 27	meditation: 44	last update: 988ms ago
quality: 100	attention: 26	meditation: 53	last update: 1002ms ago
quality: 100	attention: 26	meditation: 56	last update: 1014ms ago
quality: 100	attention: 30	meditation: 56	last update: 993ms ago
quality: 100	attention: 37	meditation: 57	last update: 999ms ago
quality: 100	attention: 44	meditation: 63	last update: 988ms ago
quality: 100	attention: 43	meditation: 53	last update: 995ms ago
quality: 100	attention: 50	meditation: 61	last update: 974ms ago
quality: 100	attention: 37	meditation: 54	last update: 1010ms ago
quality: 100	attention: 30	meditation: 54	last update: 988ms ago
quality: 100	attention: 30	meditation: 47	last update: 1010ms ago
quality: 100	attention: 35	meditation: 51	last update: 985ms ago
quality: 100	attention: 57	meditation: 61	last update: 1011ms ago
quality: 100	attention: 69	meditation: 64	last update: 997ms ago
quality: 100	attention: 69	meditation: 77	last update: 990ms ago
quality: 100	attention: 70	meditation: 75	last update: 995ms ago
quality: 100	attention: 64	meditation: 77	last update: 989ms ago
quality: 100	attention: 67	meditation: 69	last update: 999ms ago
quality: 100	attention: 81	meditation: 75	last update: 999ms ago
quality: 100	attention: 83	meditation: 90	last update: 981ms ago
quality: 100	attention: 78	meditation: 81	last update: 998ms ago
quality: 100	attention: 77	meditation: 77	last update: 1002ms ago
quality: 100	attention: 69	meditation: 74	last update: 989ms ago
quality: 100	attention: 48	meditation: 60	last update: 996ms ago
quality: 100	attention: 44	meditation: 74	last update: 1011ms ago
quality: 100	attention: 48	meditation: 84	last update: 981ms ago

Figura 39. Señales de diadema Atención, Meditación



Figura 40. Pruebas de Atención y Meditación

c) Interfaz grafica

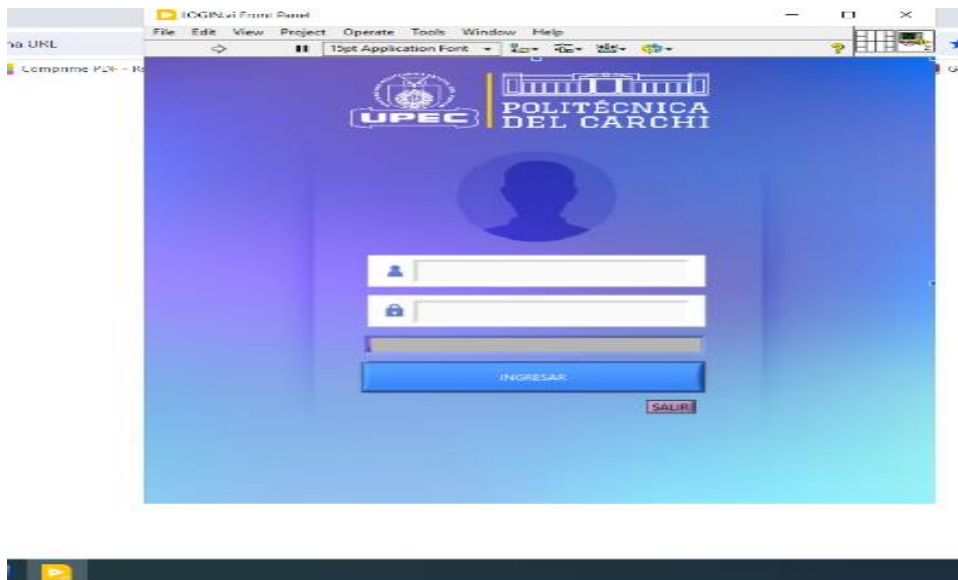


Figura 41. Inicio de sesión login

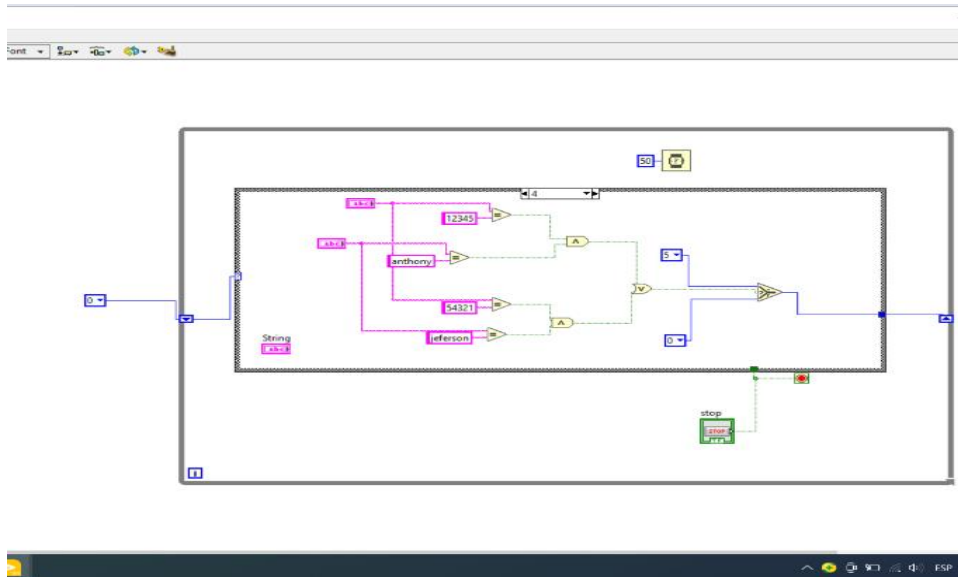


Figura 42. Circuito de Login

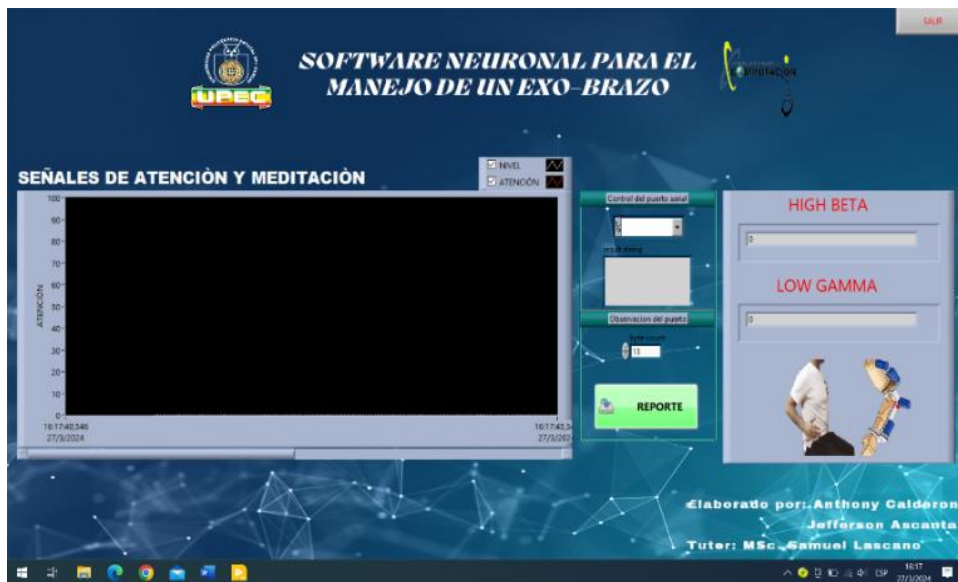


Figura 43. Interfaz gráfica completa

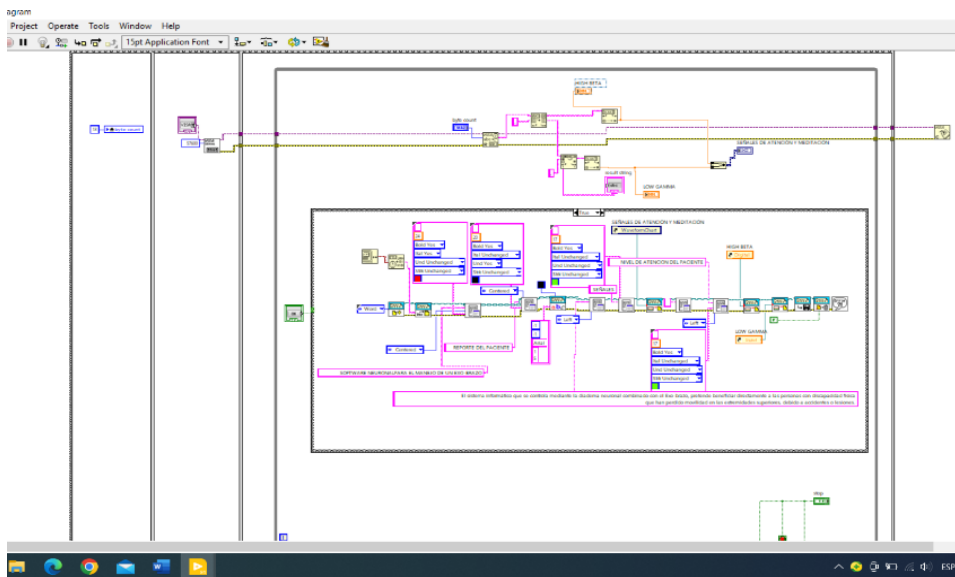


Figura 44. Circuito de la interfaz gráfica



Figura 45. Reportes de datos

4.3.2. Conexión Bluetooth

La conexión bluetooth con el circuito realizado tiene una tardanza de unos 3,5 a 5 segundos para la ejecución, por esa razón las pruebas no pueden ser perfectamente precisas.



Figura 46. Pruebas de conexión de Bluetooth

De igual manera tenemos el circuito con sus respectivos puertos de entradas y salidas dependiendo su respectiva conexión requerida.

Podemos ver sus respectivas conexiones en una protoboard, el Arduino nano, el módulo bluetooth, las resistencias, focos leds y el módulo de batería para la alimentación al servomotor.

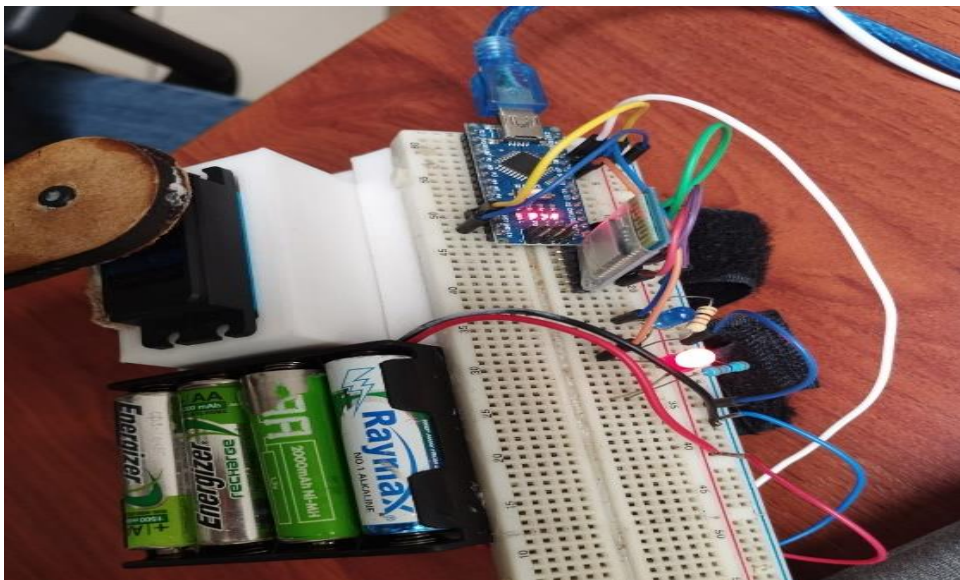


Figura 47. Conexión del pin en la protoboard

Cuando el nivel de atención supera a los 70 el servomotor sube (enciende foco rojo), caso contrario la meditación supera el nivel a los 50 el servomotor baja y se posiciona en el nivel 0. (enciende foco azul)

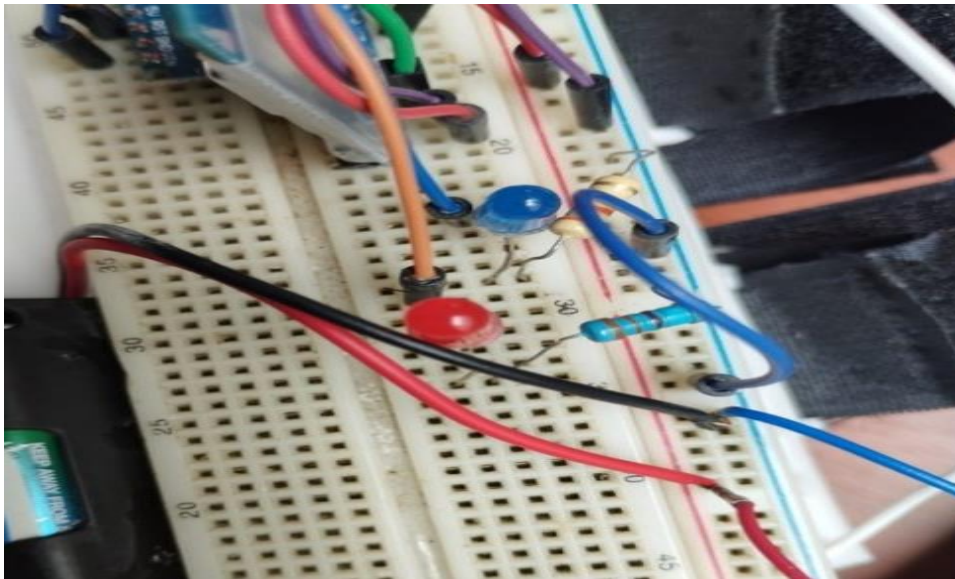


Figura 48. Focos de los movimientos

El nivel de atención si supera a los 70 el servomotor se sube a los 90°.



Figura 49. Exo-brazo posición en los 90°

En cambio, si el nivel de meditación llega a los 50 el servomotor baja y se posiciona al nivel 0.



Figura 50. Exo-brazo posición 0

4.3.3 Resultados de la investigación

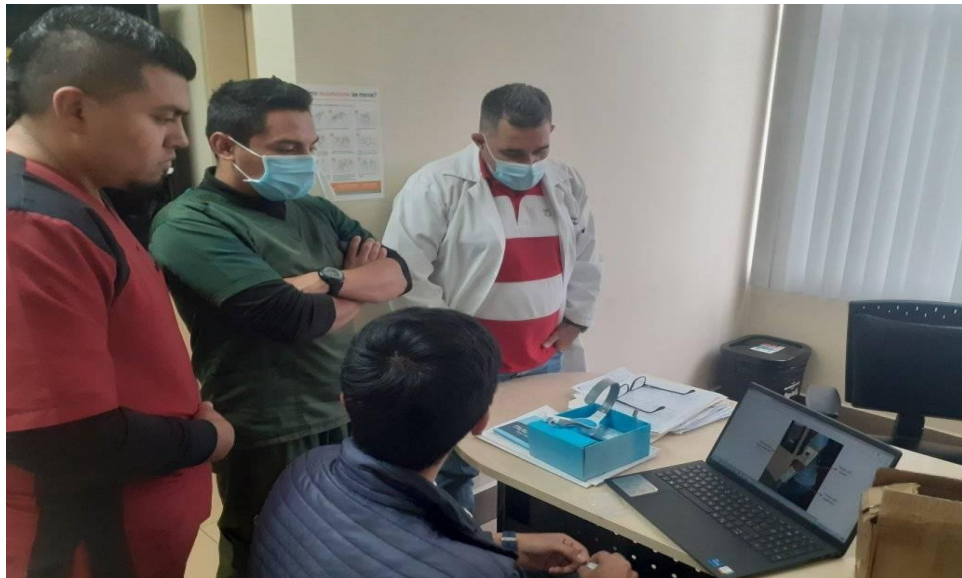


Figura 51. Pruebas con los expertos



Figura 52. Pruebas de la Diadema y Exo-brazo



Figura 53. Pruebas de funcionamiento completo

4.4. DISCUSIÓN

Según el (INEC, 2020) indica que en el país existe muchas personas que han perdido movilidad en las extremidades superiores, ya sea por cualquier problema laboral, accidente de tránsito, incidente doméstico, etc.

Luego de realizar un análisis con la gerente hemos planteado hacia un futuro como unas soluciones que pueda el paciente utilizar estas tecnologías y mejorar si el caso no es tan grave. La gerente del centro de Rehabilitación nos indicó que siempre se utiliza métodos tradicionales para recuperación de los pacientes, sin embargo, la aplicación de nuevas herramientas tecnológicas no ha sido posible que contribuyan con el centro en los ámbitos financieros y de atención.

Tabla 60. Diferencias de la aplicación con los antecedentes

Autores	tema	Su proyecto	Nuestro proyecto
Jorge Adrián García Márquez	Interfaz cerebro-computadora utilizando un dispositivo inalámbrico de electroencefalografía	Análisis de señales cerebrales con la diadema Emotiv EPOC.	Señales de ondas cerebrales, (Atención, Meditación) con la Diadema Neurosky Mindwave
Gabriel Simón Rivera Rodríguez	Diseño de interfaz cerebro-computador basado en dispositivo Muse de adquisición de EEG	La localización de los electrodos de Muse los potenciales SSVEP y P300 no fueron detectados de una forma debida.	Al usar estos auriculares, puedes observar en tiempo real cómo cambian tus ondas cerebrales, puedes controlar nuestro nivel de atención y nivel de relajación, e incluso aprender cómo responde tu cerebro.
Joaquín Muñoz, Laura	Diseño e implementación de una interfaz cerebro-computadora para el movimiento de una silla de ruedas	Cerebro-Computadora para cuatro movimientos principales de una silla de ruedas: avanzar, rotar a la derecha, rotar a la izquierda y detenerse. Haciendo uso de Matlab, se adquieren las señales electrofisiológicas (EEOG, EEG, EMG)	Software con Diadema Neurosky Mindwave para el movimiento del Exo-Brazo, movimientos principales arriba y abajo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Durante el desarrollo de la investigación se basó bibliográficamente en las variables de estudio con el objetivo de recolectar información que permitirá el proceso de desarrollo de software neuronal para el manejo de un Exo-brazo.
- Se determinó que la metodología XP es adecuada para el desarrollo del software, ya que dio como resultado un aplicativo informático de calidad, permitiendo que se siga un orden en el desarrollo de cada una de sus fases para lograr los objetivos planteados, tomando en cuenta que se realizó un trabajo en equipo colaborativo enfocado en la producción y eficiencia que tendrá el proyecto y así reflejar mejores resultados.
- La presente investigación, el software neuronal contribuye de manera eficiente en el proceso de rehabilitación de pacientes con problemas de inmovilidad de sus extremidades superiores. De este modo se determina que la información recopilada es en base a las variables de estudio recopiladas por medios digitales, artículos científicos, revistas, libros, tesis y repositorios de diferentes instituciones que aportan de diferentes maneras para la elección y determinación de las herramientas que permitan el desarrollo de la investigación.
- Se diseñó un sistema informático de control, mediante una diadema neuronal que permitió manipular los movimientos definidos para el Exo-brazo, además se desarrolló una interfaz de usuario para la observación de las ondas neuronales que está emitiendo el cerebro y el nivel de atención que tiene el paciente, se pudo determinar que una persona que vaya a utilizar el software neuronal de rehabilitación necesita un entrenamiento mental para afinar el desplazamiento del exoesqueleto de extremidades superiores en un eje de y.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a futuros investigadores continuar con temas similares ya que son de mucha importancia para el beneficio de las personas que han perdido movilidad en sus extremidades superiores.
- Escoger una metodología de desarrollo de software basada en el tamaño de proyectos, los tiempos de entrega de la posible solución y al número de integrantes del equipo de trabajo, permitiendo tener un libre flujo de ideas entre el equipo de desarrollo y los usuarios.
- Es crucial seguir explorando diversas herramientas de desarrollo para este tipo de proyectos, ya que suele haber actualizaciones frecuentes que introducen nuevos materiales o instrumentos con distintas funcionalidades. Sin embargo, es importante garantizar la compatibilidad entre estas herramientas para evitar cualquier problema durante el desarrollo del proyecto.
- Desarrollar nuevos movimientos del Exo-brazo dándole múltiples funcionalidades para que se pueda adaptar a las necesidades que tiene los pacientes, es importante implementar nuevo contenido en esta área con un prototipo que incluya más extremidades del cuerpo.
- Se recomienda realizar una búsqueda profunda de los equipos que se van a utilizar para realizar el proyecto, verificar las herramientas que se puedan conectar entre si ya que están en constante actualizaciones que difieren de las configuraciones anteriores y al igual que se pueden desarrollar equipos con numerosas funcionalidades, conocer muy bien los aparatos que se van a utilizar y hacer una simulación de la conexión del software neuronal con los demás equipos para determinar cuál es la diadema que mejor se adapta a la versión de Arduino que se va a utilizar.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeva R. (2020). En qué consiste la impresión 3D y cómo funciona. AZadlszone: Recuperado de: <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/>
- Alejandres A. (2021). Qué es y Características de los tableros o madera MDF. Maderas Santana. Recuperado de: <https://www.maderassantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/>
- Beck K. (2014). Fases metodología XP. Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8524/1/Tesis_t937si.pdf
- Carrasco, Ocampo, Ulloa, Azcona. (2017). Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. Cali.
- Caraballo, A. (2023). Que es la ingeniería de software: la clave para transformar la tecnología. Politécnico grancolombiano: Recuperado de: <https://www.poli.edu.co/blog/poliverso/que-es-la-ingenieria-de-software>
- Cama E. (2021). ¿Qué son las impresoras 3D? centro de información para la industria: Recuperado de: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-impresion-3d/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20impresoras%203D,se%20maneja%20desde%20un%20ordenador>
- Cisneros S. d. (2022). Rehabilitación y capacidad funcional en la salud del siglo XXI. Recuperado de: <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v45n3/1137-6627-asisna-45-03-e1028.pdf>
- Chica J. E. (2020). CONTROLADOR ELECTRÓNICO DE SOFTWARE LIBRE PARA LA OPERACIÓN DEL BRAZO ROBÓTICO SCORBOT ER_4U. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31642/1/t1735ec.pdf>
- FERNÁNDEZ Y. (30 de Junio de 2017). Así es el exo-brazo de código abierto que dos jóvenes ingenieros están creando por apenas 100 dólares. Xataka. Recuperado de: <https://www.xataka.com/makers/asi-es-el-exo-brazo-de-codigo-abierto-que-dos-jovenes-ingenieros-estan-creando-por-apenas-100-dolares>
- García Jorge. (2017). Interfaz cerebro-computadora utilizando un dispositivo inalámbrico de electroencefalografía. Repositorio Institucional del Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/23570/1/T1865.pdf>



- García M. (2023). HC-05 modulo bluetooth maestro. HetPro. Recuperado de: <https://hetpro-store.com/hc05/#:~:text=El%20HC%2D05%20modulo%20bluetooth,a%20los%20dispositivos%20a%20comunicar.>
- Guerra J. (2020). Arduino Nano il capo de la familia Arduino Nano. Programar facil: Recuperado de: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/familia-arduino-nano/>
- González J., Bariffi, F. (2023). Estudio del impacto de la inteligencia artificial en los derechos de las personas con discapacidad. Repositorio IBERoamericanosobre discapacidad: Recuperado de: <http://riberdis.cedid.es/handle/11181/6831>
- González E. (7 de Diciembre de 2023). ¿Qué es Solidworks y para qué sirve? Conoce sus funciones. EsDesign: Recuperado de: <https://www.esdesignbarcelona.com/actualidad/disenoproducto/solidworks-que-es-funcionalidades>
- Hernández S. (2019). Exobrazo opensource para la rehabilitacion de personas con movilidad reducida. EXO-BRAZO. Recuperado de: <https://premios.evolucion.es/ed2018/exo-brazo>
- Hernández, S., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la Investigación. Recuperado de: https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp-content/uploads/2019/02/RUDICSv9n18p92_95.pdf
- Huet, P. (2023). Redes neuronales y sus aplicaciones. OpenWebinars: Recuperado de: <https://openwebinars.net/blog/que-son-las-redes-neuronales-y-sus-aplicaciones/>
- INEC. (2020). Ecuador registra 476.360 personas con discapacidad. Edición médica. Recuperado de: <https://www.edicionmedica.ec/secciones/salud-publica/ecuador-registra-476-360-personas-con-discapacidad--96819>
- Jiménez D. F. (Febrero de 2018). Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/11921/2018diegovargas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jones, S. (2023). ¿Qué es una interfaz cerebro-computadora? | ¿Por qué es un tema candente en neurociencia? Webmedy: Recuperado de: <https://webmedy.com/blog/es/brain-computer-interface/>
- Laverde, A. (2016, February 9). NORMAS PARA DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS PCB Y ELECTRÓNICA. | Normas IPC | Certificación | ALDELTA. Recuperado de: <https://www.aldeitatec.com/blog-diseno-con-normas-y-certificaciones/normas-pcb-y-electronica/>
- Lee, S. (26 de Enero de 2021). threepoints. Recuperado de: <https://www.threepoints.com/int/redes-neuronales-definici%C3%B3n-caracter%C3%ADsticas>

- Marte, H. (2019, September 10). Interfaces cerebro computador: Controlar cosas con la mente. NeuroClass. <https://neuro-class.com/cerebro-computador-controlar-cosas-con-la-mente/>
- Maita, L. (1 de marzo de 2021). Discapacidad física. Recuperado de: <https://www.discapnet.es/discapacidad/tipos-de-discapacidad/discapacidad-fisica>
- Murieta, E. (2022). Rehabilitacion y capacidad funcional en la salud del siglo XXI. Recuperado de: <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v45n3/1137-6627-asisna-45-03-e1028.pdf>
- NADAL, V. S. (29 de Agosto de 2020). Transformacion Digital. Recuperado de: https://elpais.com/retina/2020/08/28/tendencias/1598608136_113998.html
- Navarra, S. (2022). Qué es y para qué sirve. SolidBI. Recuperado de: <https://solid-bi.es/solidworks/>
- Pino Esteban. (2016). Diseño de interfaz cerebro-computador basado en dispositivo Muse de adquisición de EEG. Repositorio Institucional de la Universidad de Concepción. Recuperado de <http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/4030/1/Tesis-Dise%c3%bl%o%20de%20Interfaz%20Cerebro%20Computador.pdf>
- Porto P., Gardey, A. (2009, March 26). Ingeniería de software - Qué es, definición y concepto. Definición. De; Recuperado de: <https://definicion.de/ingenieria-de-software/>
- Revelo L. (2023). Centro de rehabilitacion de personas con discapacidad fisica con énfasis en extremidades superiores e inferiores . Recuperado de: <https://sired.udenar.edu.co/12370/1/2023063.pdf>
- Sahagun S. (2021, June 10). Aplicaciones industriales LabVIEW. Blog Logicbus; Blog Logicbus. Recuperado de: <https://www.logicbus.com.mx/blog/aplicaciones-industriales-labview/>
- Serrano C. (2023). Extremidad superior (anatomía). Recuperado de: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/anatomia-de-la-extremidad-superior>
- Sommerville, I. (2024). INGENIERÍA DEL SOFTWARE 9ED. ingebook: Recuperado de: https://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&cod_igo_libro=1518
- Toapanta C. (2018). DESARROLLO DE UNA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA CONTROLADO POR ONDAS CEREBRALES USANDO EL DISPOSITIVO NEUROSKY MINDWAVE MOBILE 2. [chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/1642/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2018-050.pdf](https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/1642/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2018-050.pdf)

- Ulloa d. (2014). Estudio de metodologías para estandarizar el desarrollo de software en el departamento de informática en la pastoral social caritas de la diócesis de ambato. Ambato: uta.
- Villalobos F. (2019). Propuesta de Implementación del área de psicomotricidad de niños de dos a seis años de edad en el Centro de Terapia y Rehabilitación Fisiofit, Chiclayo. Recuperado de: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/29552/Villalobos_ZF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/29552/Villalobos_ZF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Windwave Mobile 2 (2022). Sensor EEG con Cable APK para IOS/Android | Aliexpress.com. Recuperado de: https://es.aliexpress.com/item/1005004567488199.html?spm=a2g0o.detail.1000014.4.7781680bbyTJen&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.40000.326746.0&scm_id=1007.40000.326746.0&scm-url=1007.40000.326746.0&pvid=84388e92-18da-47ac-84ae-5456d364ed94&_t=gps-id:pcDetailBottomMoreOtherSeller,scm-url:1007.40000.326746.0,pvid:84388e92-18da-47ac-84ae-5456d364ed94,tpb_buckets:668%232846%238114%23713&pdp_npi=3%40dis%21USD%21520.72%21260.36%21%21%21%21%21%21%402101ec1a16848822974998621e1f2f%2112000029841741485%21rec%21EC%214382947749

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI


FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE COMPUTACIÓN
ACTA
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR


ESTUDIANTE: ASCANTA IMBAQUINGO JEFFERSON ARMANDO		CÉDULA DE IDENTIDAD: 1756190276	
PERIODO ACADÉMICO: 2023B			
PRESIDENTE TRIBUNAL: MSC. MARCO ANTONIO YANDÚN VELASTEGUÍ		DOCENTE TUTOR: MSC. SAMUEL BENJAMÍN LASCANO RIVERA	
DOCENTE: MSC. GEORGINA GUADALUPE ARCOS PONCE			
TEMA DEL TIC: "SOFTWARE NEURONAL PARA EL MANEJO DE UN EXO-BRAZO"			

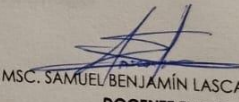
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,33	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9,33	Ampliar la fundamentación teórica enfocada en el ámbito de aplicación.
3	METODOLOGÍA	9,33	Colocar la muestra censal.
4	RESULTADOS	9,33	Ampliar el análisis de los cuadros estadísticos.
5	DISCUSIÓN	9,33	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9,33	
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9,33	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	9,33	Revisar el formato, ortografía y normas APA.

teniendo una nota de: **9,33** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **lunes, 20 de mayo de 2024**


 MSC. MARCO ANTONIO YANDÚN VELASTEGUÍ
PRESIDENTE TRIBUNAL


 MSC. SAMUEL BENJAMÍN LASCANO RIVERA
DOCENTE TUTOR

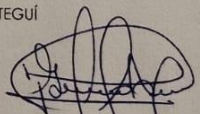

 MSC. GEORGINA GUADALUPE ARCOS PONCE
DOCENTE

Figura 54. Acta estudiante 1

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE COMPUTACIÓN

ACTA


DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE:		CALDERON CIFUENTES ANTHONY LENIN	CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004617203
PERIODO ACADÉMICO:		2023B		
PRESIDENTE TRIBUNAL		MSC. MARCO ANTONIO YANDÚN VELASTEGUÍ	DOCENTE TUTOR:	
DOCENTE:		MSC. GEORGINA GUADALUPE ARCOS PONCE	MSC. SAMUEL BENJAMÍN LASCANO RIVERA	
TEMA DEL TIC: "SOFTWARE NEURONAL PARA EL MANEJO DE UN EXO-BRAZO"				
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9.33		
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9.33	Ampliar la fundamentación teórica enfocada en el ámbito de aplicación.	
3	METODOLOGÍA	9.33	Colocar la muestra censal.	
4	RESULTADOS	9.33	Ampliar el análisis de los cuadros estadísticos.	
5	DISCUSIÓN	9.33		
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9.33		
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9.33		
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	9.33	Revisar el formato, ortografía y normas APA.	

Conteniendo una nota de: **9.33** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **lunes, 20 de mayo de 2024**


 MSC. MARCO ANTONIO YANDÚN VELASTEGUÍ
 PRESIDENTE TRIBUNAL


 MSC. SAMUEL BENJAMÍN LASCANO RIVERA
 DOCENTE TUTOR


 MSC. GEORGINA GUADALUPE ARCOS PONCE
 DOCENTE

Figura 55. Acta Estudiante 2

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Calderon Cifuentes Anthony y Ascanata Imbaquingo Jefferson				
DATE: 29 de mayo de 2024				
Topic: "Software Neuronal para el manejo de un Exo-brazo"				
MARKS AWARDED QUANTITATIVE AND QUALITATIVE				
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1 Vera Játiva Edwin Andrés,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	TOTAL 9		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE
CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Calderon Cifuentes Anthony y Ascanata Imbaquingo Jefferson

Fecha de recepción del abstract: 29 de mayo de 2024

Fecha de entrega del informe: 29 de mayo de 2024

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN

Figura 56. Certificado Abstrac

Anexo 3. Aprobación del centro de Terapia y rehabilitación Fisisalud



Figura 57. Permiso Rehabilitación

Anexo 4. Autorización utilización de impresoras del FATLAB

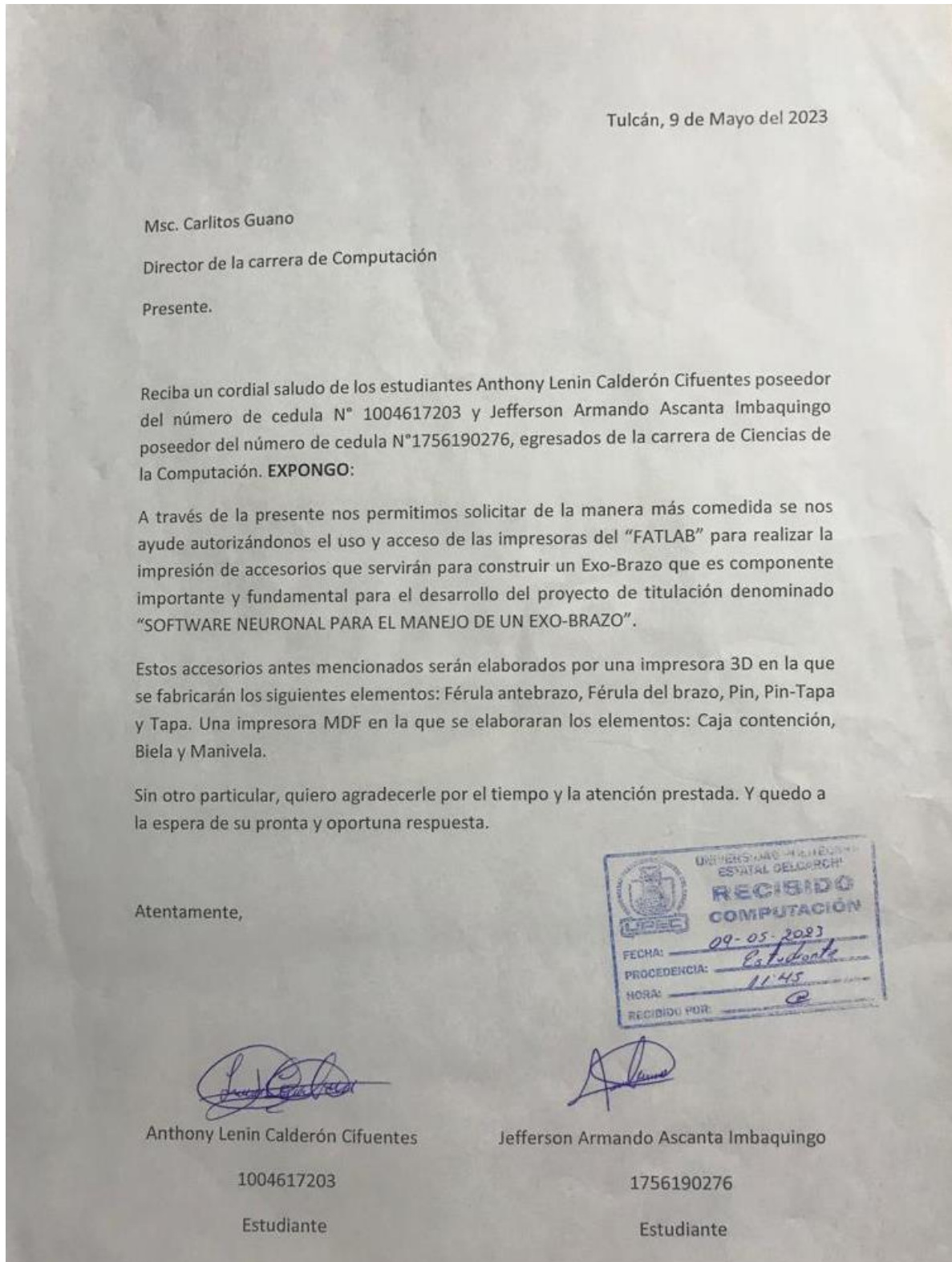


Figura 58. Autorización FATLAB

Anexo 5. Informe de anti-plagio (Turnitin)

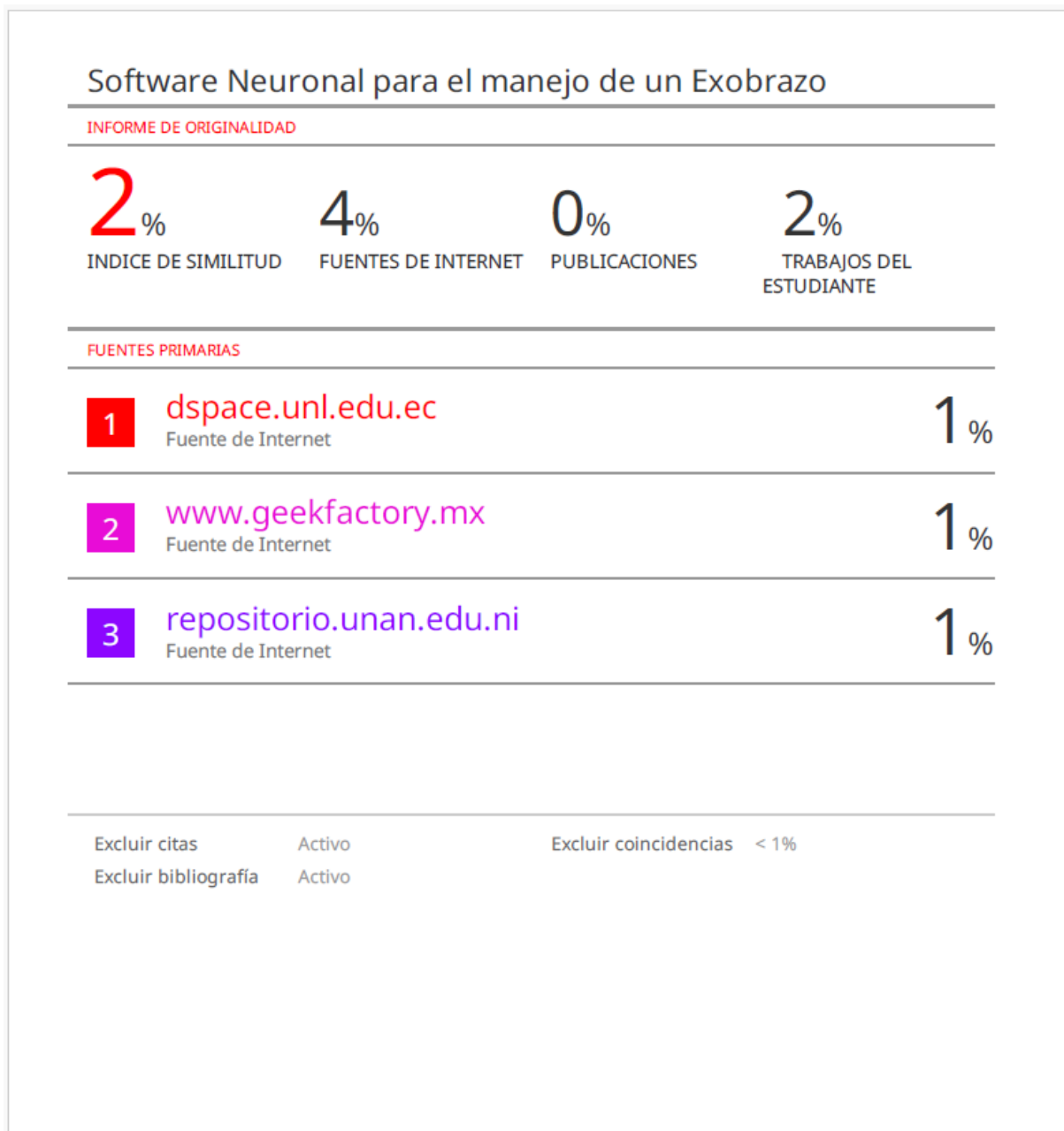


Figura 59. Anti-plagio (Turnitin)

Anexo 6. Encuesta



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE COMPUTACIÓN



ENCUESTA

Objetivo: Obtener información de los diferentes pacientes para el requerimiento de software neuronal que se implementara en el Centro de Terapia Física y Rehabilitación FisiSalud de la Ciudad de Tulcán.

La presente encuesta la realizamos como instrumento para nuestra tesis de grado, para obtener el título de Ingeniero en Ciencias de la Computación.

Estudiantes encargados: Jefferson Ascanta - Anthony Calderón

Toda la información será reservada

Edad: años Género:

Masculino Femenino

Marque una de las opciones

1. ¿Se han presentado dificultades en el proceso de rehabilitación tradicional?

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutro
- Desacuerdo un poco
- Desacuerdo totalmente

2. ¿Considera Ud. que una herramienta tecnológica es esencial para la rehabilitación de los pacientes?

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutro
- Desacuerdo un poco

Desacuerdo totalmente

3. ¿Se ha implementado anteriormente una herramienta tecnológica en el Centro de Terapia Física y Rehabilitación Fisisalud?

Completamente de acuerdo

De acuerdo

Neutro

Desacuerdo un poco

Desacuerdo totalmente

4. ¿Le parece beneficioso que el Centro de Terapia Física y Rehabilitación Fisisalud ofrezca el servicio de rehabilitación mediante una herramienta tecnológica?

Muy beneficiosos

Beneficioso

Normal

Poco beneficioso

Nada beneficioso

5. ¿Considera Ud. que la atención brindada por el Centro de Terapia Física y Rehabilitación Fisisalud es eficiente?

Muy eficiente

Eficiente

Normal

Deficiente

Muy deficiente

6. ¿Cree Ud. que se puede disminuir el tiempo de rehabilitación si se cuenta con una herramienta tecnológica?

Completamente de acuerdo

De acuerdo

Neutro

Desacuerdo un poco

Desacuerdo totalmente

7. ¿Considera Ud. que la implementación de la herramienta tecnológica para la rehabilitación de los pacientes va a permitir brindar un mejor servicio a todos los pacientes del Centro de Terapia Física y Rehabilitación Fisisalud?

Completamente de acuerdo

De acuerdo

Neutro

Desacuerdo un poco

Desacuerdo totalmente

8. ¿Cree Ud. que el Centro de Terapia Física y Rehabilitación Fisisalud tiene los recursos y capacidades necesarias para la implementación de una herramienta tecnológica?

Completamente de acuerdo

De acuerdo

Neutro

Desacuerdo un poco

Desacuerdo totalmente

9. ¿Le gustaría utilizar una herramienta tecnológica que le permita la rehabilitación cómoda controlada por el cerebro?

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutro
- Desacuerdo un poco
- Desacuerdo totalmente

10. ¿Estaría Ud. Dispuesto hacerse tratar con la nueva tecnología controlada por el cerebro?

- Completamente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutro
- Desacuerdo un poco
- Desacuerdo totalmente

Figura 60. Encuesta a los pacientes

Anexo 7. Donación de materiales del proyecto

Tulcán, 31 de mayo del 2024

MSc.


Carlos Guano

DIRECTOR DE LA CARRERA DE COMPUTACIÓN

Yo, **CALDERON CIFUENTES ANTHONY LENIN** con numero de cedula 1004617203 y **ASCANTA IMBAQUINGO JEFFERSON ARMANDO** con numero de cedula 1756190276, estudiantes de la facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales. Carrera de Computación, ante usted expongo:

La donación de materiales y accesorios al Smart Data Lab, que sirvieron como base para el desarrollo del tema de tesis denominado "**Software Neuronal para el manejo de un Exo-Brazo**", que a continuación se detallan:

ACCESORIOS	
Diadema Neurosky Mindwave	Una diadema de señales cerebrales avaluada en \$600 dólares
Exo-Brazo robótico	1 Servomotor power pro de 25kg 1 Arduino nano 1 Módulo de baterías 1 Modulo bluetooth HC-05 1 Protoboard 2 Baterías recargables de 3.7 V 2 férulas 1 Biela y manivela Cables de conexión electrónica
Interfaz gráfica en LabVIEW	Login e interfaz de señales
Código Arduino	Script de código



Anthony Calderón
1004617203



Jefferson Ascanta
1756190276

Figura 61. Donaciones materiales