

TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO

VIDA NUEVA

SEDE MATRIZ



TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA

**CONTROL DE UN GUANTE AUTOMATIZADO PARA LA
REHABILITACIÓN DE DEDOS POR MEDIO DE UNA TARJETA ESP32**

PRESENTADO POR

TIPANLUISA GRANIZO CRISTHOFER ALEXANDER

TUTOR

ING. RUÍZ GUANGAJE CARLOS RODRIGO MG.

FECHA

JULIO 2023

QUITO – ECUADOR

Tecnología Superior en Electromecánica

Certificación del Tutor

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema: “Control de un guante automatizado para la rehabilitación de dedos por medio de una tarjeta ESP32”, presentado por el ciudadano Tipanluisa Granizo Cristhofer Alexander, para optar por el título de Tecnólogo Superior en Electromecánica, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de julio de 2023.

Tutor: Ing. Ruiz Guangaje Carlos Rodrigo Mg.

C.I.: 0604030635

Tecnología Superior en Electromecánica

Aprobación del Tribunal

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema: “Control de un guante automatizado para la rehabilitación de dedos por medio de una tarjeta ESP32”, presentado por el ciudadano Tipanluisa Granizo Cristhofer Alexander, facultado en la carrera Tecnología Superior en Electromecánica.

Para constancia firman:

Ing.

C.I.:

DOCENTE TUVN

Ing.

C.I.:

DOCENTE TUVN

Ing.

C.I.:

DOCENTE TUVN

Ing.

C.I.:

DOCENTE TUVN

Tecnología Superior en Electromecánica

Cesión de Derechos de Autor

Yo, Tipanluisa Granizo Cristhofer Alexander portador de la cédula de ciudadanía 1752032530, facultado en la carrera Tecnología Superior en Electromecánica, autor de esta obra, certifico y proveo al Tecnológico Universitario Vida Nueva usar plenamente el contenido de este Proyecto de Aplicación Práctica con el tema “Control de un guante automatizado para la rehabilitación de dedos por medio de una tarjeta ESP32”, con el objeto de aportar y promover la cultura investigativa, autorizando la publicación de mi proyecto en la colección digital del repositorio institucional, bajo la licencia Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de julio de 2023.

Tipanluisa Granizo Cristhofer Alexander

C.I.: 1752032530

Dedicatoria

Agradezco a mi madre y Familia Granizo por el apoyo brindado durante este tiempo transcurrido de estudio y formación en el Tecnológico Universitario Vida Nueva, lo cual considero importante en el período de estudio de la carrera de Electromecánica de la promoción a la que pertenezco y resaltando los resultados de todo el conocimiento adquirido para el desarrollo profesional de la rama tecnológica, industrial y respecto los fines aplicativos de la Electromecánica.

Tipanluisa Granizo Cristhofer Alexander

Agradecimiento

El más sincero agradecimiento para mi familia Granizo por siempre brindarme todo el apoyo para llegar a cumplir este sueño, con el fin de completar la meta propuesta y como resultado una profesión, y a todo el personal de la institución por la instrucción, apoyo y guía durante el período de estudio formando a un nuevo profesional en la carrera de Electromecánica para la industria.

Tipanluisa Granizo Cristhofer Alexander

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Antecedentes	13
Justificación	15
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
Marco Teórico	17
Utilización de los Guantes Automatizados	17
Descripción de Guantes Automatizados	18
Control de Funcionamiento	18
Descripción del Control del Guante Automatizado	19
Tarjeta ESP32	20
Descripción de Funcionamiento de la Tarjeta ESP32	21
Beneficios del Proyecto	22
Beneficios para los Usuarios	24
Aplicación del Proyecto	25
Implementación de la Tarjeta Electrónica ESP32	25
Prototipos de Guantes Automatizados	25
Arduino IDE	28
Programación	30
Lenguaje de Programación	31

	8
App Inventor	32
Metodología y Desarrollo del Proyecto	37
Propuesta	53
Conclusiones	58
Recomendaciones	59
Referencias	60
Anexos	67

Resumen

El control de un guante automatizado para la rehabilitación de dedos por medio de una tarjeta ESP32 es una técnica innovadora que utiliza la tecnología para mejorar la recuperación de pacientes con lesiones en las manos y dedos. El guante automatizado funciona mediante la aplicación de presión neumática para estimular el movimiento de los dedos, lo que mejora la movilidad y la fuerza en la mano afectada. La tarjeta ESP32 se encarga de controlar el movimiento del guante y la aplicación de la presión neumática. La implementación de esta técnica tiene como objetivo proporcionar una rehabilitación más efectiva y eficiente, reduciendo el tiempo y los costos de tratamiento. Además, el uso de la tarjeta ESP32 permite una mayor flexibilidad en el control y personalización del tratamiento según las necesidades de cada paciente. En el marco teórico se han identificado diferentes investigaciones que han utilizado tecnología similar para la rehabilitación de manos y dedos, destacando la importancia de la aplicación de la presión neumática como una herramienta efectiva para mejorar la movilidad de los dedos. La metodología a seguir para la implementación de esta técnica involucra la construcción del guante automatizado y la programación de la tarjeta ESP32 para el control del movimiento y aplicación de presión. Posteriormente, se realizarán pruebas con pacientes para evaluar la efectividad del tratamiento. En conclusión, el control de un guante automatizado para la rehabilitación de dedos por medio de una tarjeta ESP32 es una técnica innovadora y prometedora que puede mejorar la recuperación de pacientes con lesiones en las manos y dedos. La implementación de esta técnica puede proporcionar una rehabilitación más efectiva y eficiente, reduciendo el tiempo y los costos de tratamiento.

Palabras Clave: AUTOMATIZACIÓN, GUANTE AUTOMATIZADO, TARJETA ELECTRÓNICA ESP32, PROGRAMACIÓN.

Abstract

The use of an automated glove for finger rehabilitation by means of the ESP32 card module is an innovative technique that uses technology to improve patients' recovery processes from finger or hand injuries. This automated glove works through the application of pneumatic pressure to stimulate finger movement, which improves joint movement and strength in the affected hand. The card module ESP32 is in charge of controlling both the movement of the glove and pneumatic pressure application. The implementation of this technique has, as its objective, to provide a more effective and efficient injury rehabilitation process by reducing time and treatment costs. Additionally, the use of the ESP32 card module allows for better flexibility in monitoring and treatment personalization based on each patient's needs. Furthermore, in the literature review, various research papers that have used similar rehabilitation technology for finger and hand injuries have been identified, highlighting the importance of the application of pneumatic pressure as an effective tool to improve finger movement. The methodology to follow for the implementation of this technique involves the development of an automated glove and the programming of the ESP32 card module for movement control and pressure application. Subsequently, several tests with actual rehabilitation patients to measure the effectiveness of the treatment will be carried out. In conclusion, the use of an automated glove by means of the ESP32 card module is an innovative and promising technique that can improve the recovery process of patients with hand and finger injuries. The implementation of this technique can provide a more effective and efficient rehabilitation process, reducing time and treatment costs.

Keywords: AUTOMATION, AUTOMATED GLOVE, ESP32 CARD MODULE, PROGRAMMING.

Introducción

La rehabilitación de las manos después de una lesión o enfermedad es crucial para recuperar la funcionalidad y la calidad de vida de los pacientes. En los últimos años, la tecnología ha permitido el desarrollo de dispositivos cada vez más sofisticados para ayudar en el proceso de rehabilitación. Uno de estos dispositivos es el guante automatizado, que puede ayudar a mejorar la movilidad de los dedos, la fuerza de agarre de la mano y el proceso importante en la recuperación de lesiones en los dedos y manos. La terapia de mano tradicional suele ser larga y tediosa para los pacientes, lo que puede desmotivarlos a continuar con el proceso de rehabilitación. En respuesta a esta problemática, se han desarrollado diversos dispositivos de rehabilitación de mano automatizados que buscan mejorar la eficacia y la experiencia del usuario durante la terapia de rehabilitación.

En particular, el control de un guante automatizado para la rehabilitación de dedos por medio de una tarjeta ESP32 es una solución prometedora en este campo. La tarjeta ESP32 es una plataforma de desarrollo de bajo costo y de código abierto, que puede ser programada para controlar una variedad de dispositivos electrónicos, incluyendo los guantes de rehabilitación. La tarjeta ESP32 es un microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento que se ha utilizado en una amplia gama de proyectos de hardware y software. Su capacidad para conectarse a Internet y su gran cantidad de puertos de entrada/salida lo convierten en una herramienta atractiva para el desarrollo de dispositivos de control y monitoreo en tiempo real.

La implementación de una tarjeta ESP32 en un guante de rehabilitación ofrece varias ventajas. En primer lugar, la tarjeta puede controlar el movimiento y la fuerza del guante de manera más precisa que los sistemas mecánicos convencionales. En segundo lugar, la tarjeta permite la recopilación de datos en tiempo real, lo que permite a los terapeutas y médicos

supervisar y ajustar el tratamiento de rehabilitación según sea necesario. Por último, la tarjeta ESP32 es fácil de programar y de usar, lo que permite una mayor personalización del guante para adaptarse a las necesidades específicas de cada paciente.

En este contexto, el objetivo de este proyecto es desarrollar un guante neumático para la rehabilitación de dedos, controlado por una tarjeta ESP32. El guante será capaz de ejercitar los dedos de manera suave y controlada, mejorando la movilidad y la fuerza de agarre de la mano. La tarjeta ESP32 será programada para controlar el flujo de aire en el guante y registrar datos relevantes durante el tratamiento de rehabilitación.

En conclusión, el uso de una tarjeta ESP32 para controlar un guante de rehabilitación de dedos automatizado es un método prometedor que puede mejorar enormemente el proceso de rehabilitación de manos. Para mejorar la calidad de vida de los pacientes después de una lesión o enfermedad, la tecnología y la fisioterapia se pueden utilizar juntas de manera eficiente e individualizada. El trabajo actual presenta un método novedoso para la rehabilitación de manos que hace uso de las capacidades de control y seguimiento de un guante automatizado y una tarjeta ESP32. El objetivo final de este estudio es mejorar la satisfacción del paciente con el proceso de rehabilitación de manos y dedos, acelerar la recuperación y mejorar los resultados terapéuticos. Diseño e implementación de un guante automatizado para rehabilitación de dedos utilizando la tarjeta ESP32 como plataforma de control y seguimiento. Se describe el software utilizado para programar la tarjeta ESP32, así como el proceso de diseño y construcción del guante. Además, se proporciona una revisión del rendimiento del guante automatizado en términos de precisión, velocidad y facilidad de uso.

Antecedentes

La rehabilitación de los dedos es una parte importante del proceso de recuperación después de una lesión o enfermedad. Según los expertos, "la rehabilitación temprana y la restauración de la función manual son cruciales para la recuperación de pacientes con lesiones o enfermedades que afectan la movilidad de los dedos" (Chen et al., 2017).

Para facilitar este proceso, se han desarrollado diversos dispositivos y sistemas que ayudan a los pacientes a ejercitar sus dedos de manera controlada y precisa. Entre estos dispositivos se encuentra el guante automatizado para la rehabilitación de dedos. Según un estudio, "los guantes automatizados han demostrado ser una herramienta útil para la rehabilitación de la mano y la reducción del dolor en pacientes con enfermedades de las manos y los dedos" (Wu et al., 2019).

La tarjeta ESP32 es un microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento que se utiliza en una amplia variedad de proyectos de electrónica y robótica. Esta tarjeta ofrece una amplia variedad de características, incluyendo conectividad Wi-Fi y Bluetooth, lo que la hace ideal para proyectos de IoT. Según un estudio, "la plataforma de desarrollo ESP32 ofrece una gran flexibilidad para diseñar dispositivos de IoT y es una opción ideal para proyectos de robótica debido a su bajo costo, alta velocidad y gran capacidad de procesamiento" (Bhatt et al., 2021).

Utilizar una tarjeta ESP32 para controlar un guante automatizado para la rehabilitación de dedos ofrece una serie de ventajas. Según un estudio, "la integración de la plataforma ESP32 con el guante automatizado para la rehabilitación de dedos permite una comunicación inalámbrica y en tiempo real entre el guante y un dispositivo de control externo, lo que ofrece una mayor flexibilidad y comodidad en el uso del dispositivo" (Gupta et al., 2020).

En resumen, utilizar una tarjeta ESP32 para controlar un guante automatizado para la rehabilitación de dedos ofrece una serie de ventajas en términos de flexibilidad, comodidad y personalización. Este tipo de dispositivos puede ser especialmente útil en el proceso de recuperación de pacientes con lesiones o enfermedades que afectan la movilidad de los dedos. Según los expertos, "el uso de dispositivos de rehabilitación de los dedos como los guantes automatizados puede ser beneficioso para mejorar la función manual y reducir el dolor en pacientes con lesiones o enfermedades de las manos y los dedos" (Wu et al., 2019).

Justificación

El objetivo principal del proyecto es controlar un guante de rehabilitación accionado por comandos de voz e implementando una tarjeta ESP32, la cual será programada para ejecutar movimientos establecidos en la memoria, con la finalidad de lograr una reducción de costos en producción y realizar movimientos en personas que lo requieran como rehabilitación, el funcionamiento del guante y diseño del mismo brindará un apoyo facilitando la realización de actividades cotidianas del usuario.

Aumento en la precisión, mejoría en la realización de actividades manualmente, el evitar los problemas de movimiento que se pueden generar, el adaptarse al prototipo sin obtener molestia alguna, utilización de dispositivos a los usuarios permitiendo ejecutar la configuración requerida y la reducción económica en la producción. El enfoque del proyecto es implementar el manejo por medio de comandos de voz, los cuales ejecutaran las acciones programadas para el usuario con el guante automatizado pre configurado en la tarjeta ESP32.

Casi todas las empresas intentan cubrir la necesidad de elaborar prototipos para la rehabilitación, con el fin de obtener una mejora en la calidad, con elementos distribuidos y la abaratar los costos, pero también tengan cierta fiabilidad y por ello los modelos automatizados o modificados son la mejor opción, porque permiten programar al guante con distintos parámetros que se ajusten a las necesidades de los beneficiados del prototipo.

Dicho de esa forma la aplicación y fabricación de este guante facilitará la utilización de elementos distribuidos y actualizados en los recientes períodos, debido a que sus características aportan en la implementación de nuevos elementos para el guante configurado. Considerando la innovación con estos dispositivos de manera apropiada, se vincule para activar las configuraciones requeridas y establecidas para la fabricación del proyecto.

Objetivos

Objetivo General

Controlar por medio de comandos de voz y una tarjeta ESP32 los movimientos de un guante configurado para la rehabilitación de lesiones en dedos.

Objetivos Específicos

- Investigar los diferentes modelos de prototipos de exoesqueletos usados en la rehabilitación de manos.
- Implementar el control de un guante por medio de una tarjeta electrónica ESP32 para la rehabilitación de dedos.
- Desarrollar pruebas de funcionamiento del guante configurado a través del reconocimiento de los comandos de voz.

Marco Teórico

Utilización de los Guantes Automatizados

Debido a su capacidad para proporcionar ejercicios controlados e individualizados a pacientes con lesiones o enfermedades que afectan a la movilidad de los dedos, el uso de dispositivos robóticos para la rehabilitación de manos y dedos ha llamado mucho la atención en los últimos años. Según Chen et al. (2017), "los dispositivos robóticos pueden mejorar significativamente la función manual y reducir el dolor en pacientes con lesiones o enfermedades de las manos y los dedos".

Figura 1

Dextarobotics Dexmo Haptic Feedback Exoskeleton Gloves



Nota. Este modelo implementa tecnología tanto robótica y electrónica desarrollado para la rehabilitación de manos. Adaptado de Dextarobotics, por Solvelight Robotics, 2020, Fuente. (<https://solvelight.com/product/dextarobotics-dexmo-haptic-feedback-exoskeleton-gloves/>) LLC.

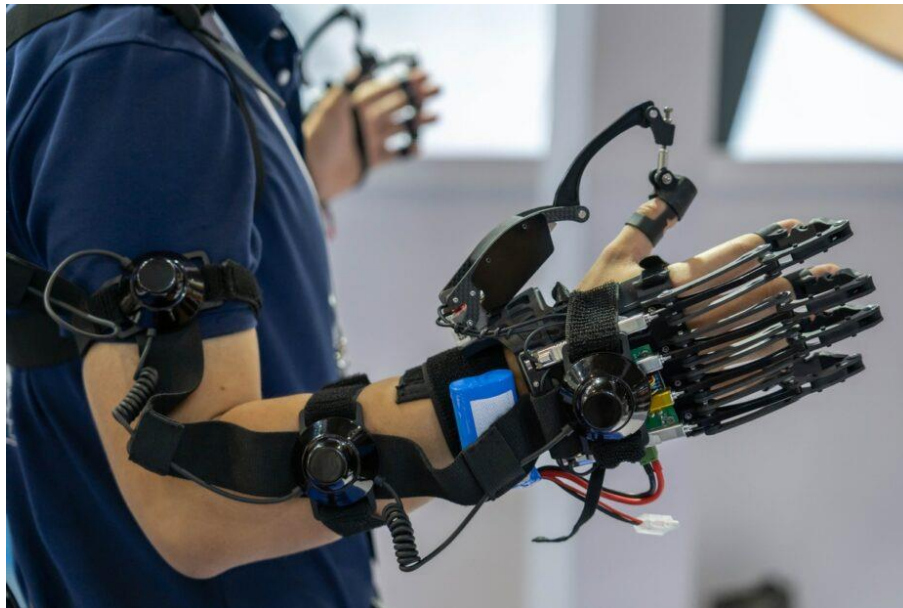
All Rights Reserved

Descripción de Guantes Automatizados

Entre los dispositivos robóticos utilizados para la rehabilitación de los dedos se encuentra el guante automatizado. Un guante automatizado es un dispositivo que se coloca en la mano del paciente y que utiliza motores y sensores para proporcionar ejercicios precisos y controlados a los dedos. Wu et al. (2019) describen un guante automatizado de exoesqueleto suave que utiliza sensores y actuadores para proporcionar un movimiento pasivo o asistido a los dedos del usuario.

Figura 2

Jobs sheets



Nota. Este modelo está diseñado para complementar la tecnología robótica actualmente en desarrollo para la rehabilitación de las manos. Adaptado por IMERIR, 2021, Fuente.

(<https://www.imerir.com/en/trades-sheets/>) Tous droits réservés

Control de Funcionamiento

Para controlar un guante automatizado, se requiere un sistema de control que permita al dispositivo responder a las señales de entrada y salida. La tarjeta ESP32 es un microcontrolador que se utiliza comúnmente en proyectos de electrónica y robótica debido a su bajo costo, alta

velocidad y gran capacidad de procesamiento. Bhatt et al. (2021) mencionan que "la plataforma de desarrollo ESP32 ofrece una gran flexibilidad para diseñar dispositivos de IoT y es una opción ideal para proyectos de robótica debido a su bajo costo, alta velocidad y gran capacidad de procesamiento".

Figura 3

EsoGlove



Nota. Mecanismos de activación para ayudar a pacientes con accidente cerebrovascular.

Adaptado de Investigadores de Ingeniería Biomédica en la Universidad Nacional de Singapur (2016). Recuperado de https://tendencias21.levante-emv.com/inventan-un-guante-robotico-que-ayuda-a-recuperar-los-movimientos-de-la-mano_a41812.html. ISSN 2174-6850.

Descripción del Control del Guante Automatizado

El control de los guantes automatizados es un aspecto importante en su diseño y desarrollo. Los métodos de control utilizados deben permitir una interacción intuitiva y en tiempo real entre el guante y el usuario, así como la personalización de los ejercicios para adaptarlos a las necesidades específicas del paciente. Las tarjetas ESP32 son un

microcontrolador que se puede utilizar para controlar dispositivos electrónicos y robóticos. El uso de tarjetas ESP32 en la rehabilitación de manos y dedos ofrece una plataforma de control personalizable, flexible, y de bajo costo.

Figura 4

Almohadilla de goma



Nota. La elección de la almohadilla de goma debe basarse en estudios de seguridad dérmica e hipoalergénica para garantizar la protección de los usuarios, así como para mejorar el control del agarre y los movimientos. Adaptado por PDM, por NeoFect, 2018, Fuente.

(<https://pdm.com.co/guante-robotico-disenado-pacientes-paralisis/>) Proudly powered by WordPress.

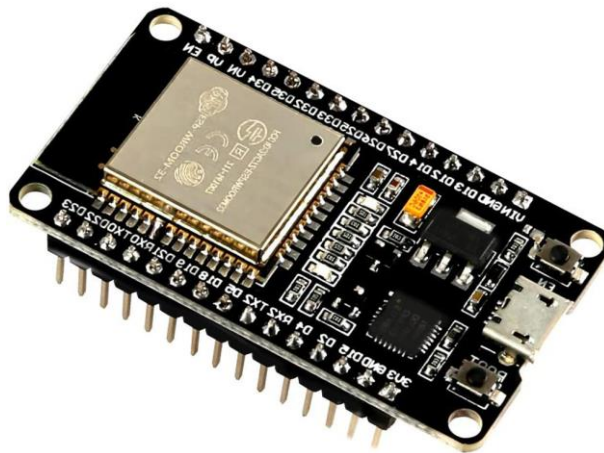
Tarjeta ESP32

Se utiliza una placa de desarrollo de bajo costo y alto rendimiento llamada ESP32 para la creación rápida de prototipos de proyectos de IoT. El chip ESP32 de Espressif Systems, un sistema en chip (SoC) con conectividad Bluetooth y Wi-Fi integrada, es la pieza central del diseño de la placa. Con la compatibilidad con el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, la placa ESP32 es muy fácil de usar para cualquiera que esté familiarizado con la

programación. La tarjeta tiene una CPU de doble núcleo, conectividad WiFi y Bluetooth, un bajo consumo de energía y la capacidad de procesar señales analógicas y digitales. Está diseñado para aplicaciones de Internet de las cosas (IoT).

Figura 6

Esp 32 Modulo Wifi- Bluetooth



Nota. Este modelo, el módulo Esp 32 Wifi-Bluetooth de 38 pines, se describe en detalle en la página web de su distribuidor mayorista. Adaptado por Megatronica, por Megatronica, 2023, Fuente. (<https://megatronica.cc/producto/esp-32-modulo-wifi-bluetooth-esp32-30-pines/>).

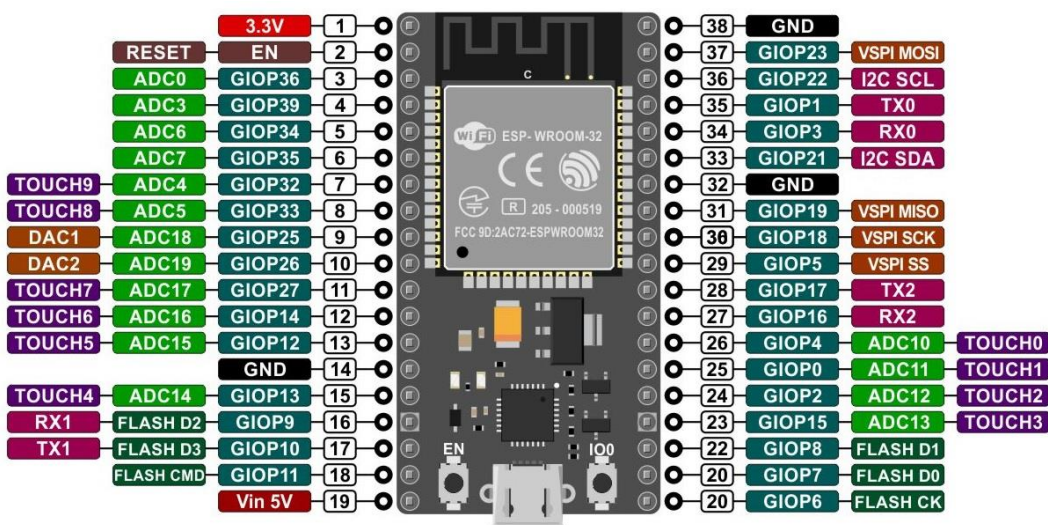
Descripción de Funcionamiento de la Tarjeta ESP32

El datasheet oficial de la tarjeta ESP32 proporcionado por el fabricante, Espressif Systems, detalla las especificaciones técnicas y la funcionalidad de la tarjeta. Según el datasheet, la tarjeta tiene una velocidad de procesamiento de hasta 240 MHz, un amplio rango de voltajes de entrada, y una gran cantidad de interfaces de comunicación, incluyendo SPI, I2C, UART, CAN y Ethernet. La placa ESP32 cuenta con una amplia variedad de pines de entrada/salida, varios protocolos de comunicación, y una amplia gama de periféricos, como módulos de

sensores, controladores de motores y pantallas. Además, la placa es compatible con el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino y puede ser programada en lenguaje C/C++.

Figura 7

Especificaciones del módulo ESP32



Nota. Este modelo representa una actualización ideal del conocido ESP8266. El ESP32 ofrece una cantidad mucho mayor de GPIO, múltiples entradas analógicas, dos salidas analógicas y una variedad de periféricos adicionales. Adaptado por Victor Asanza, por Microelectronics, 2023, Fuente. (<https://vasanza.blogspot.com/2021/07/especificaciones-del-modulo-esp32.html>).

La conectividad WiFi y Bluetooth está disponible en la tarjeta electrónica ESP32 económica y de bajo consumo. Es una mejora respecto al conocido ESP8266 y destaca por tener un procesador de doble núcleo, más RAM y memoria Flash, que le permiten manejar tareas y volúmenes de datos más complejos.

Beneficios del Proyecto

El control de un guante automatizado para la rehabilitación de dedos por medio de una tarjeta ESP32 es una tecnología prometedora para mejorar la función manual y reducir el dolor en pacientes con lesiones o enfermedades que afectan la movilidad de los dedos. La integración

de la tarjeta ESP32 con el guante automatizado ofrece una serie de ventajas en términos de flexibilidad, comodidad y personalización, lo que permite adaptar el dispositivo a las necesidades específicas de cada paciente.

Figura 8

HRC-08



Nota. Este modelo permite llevar a cabo ejercicios de fuerza de agarre de la mano, y también es capaz de almacenar las pruebas realizadas por cada paciente, lo que permite estudiar su evolución mediante la generación de informes en formato PDF. Adaptado por Aemedi, por Syrebo, 2022, Fuente. (<https://www.aemedi.es/guante-reha.htm>) SL.

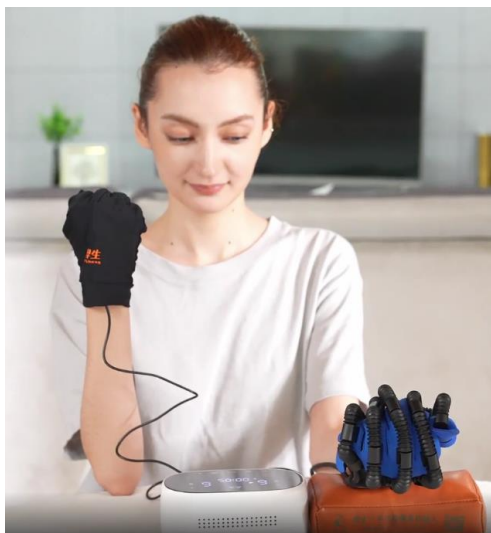
Numerosos estudios también han demostrado la eficacia de la tarjeta ESP32 en aplicaciones del mundo real. un estudio realizado por Ali et al. En (2020) se presentó un análisis exhaustivo de la literatura sobre redes inalámbricas de sensores basadas en la tarjeta ESP32. Ofreció detalles sobre la arquitectura y las características de la tarjeta, así como sobre la planificación y ejecución de redes de sensores inalámbricos utilizando la tarjeta ESP32.

Beneficios para los Usuarios

Una ventaja del uso de guantes automatizados para la rehabilitación de dedos es la capacidad de proporcionar ejercicios de terapia específicos y repetitivos. En este sentido, la terapia repetitiva es una técnica bien conocida para la rehabilitación de las manos y dedos. Según el estudio de Wu et al. (2019), "la terapia de rehabilitación repetitiva es un enfoque común en la rehabilitación de la mano y los dedos después de una lesión". El uso de guantes automatizados controlados por tarjetas ESP32 ofrece la posibilidad de personalizar los ejercicios de terapia para cada paciente de manera más efectiva. Proporcionaría una terapia más intensiva, específica y personalizada que la terapia manual tradicional, lo que puede mejorar los resultados de la rehabilitación y la calidad de vida de los pacientes con discapacidad.

Figura 9

HRC12



Nota. Este modelo incluye un guante que permite la activación independiente de los dedos, lo que posibilita la realización de ejercicios de pinza con mayor precisión y control. Adaptado por Aemedi, por Syrebo, 2022, Fuente. (<https://www.aemedi.es/guante-reha.htm>) SL.

Aplicación del Proyecto

La integración de tarjetas ESP32 con guantes automatizados para la rehabilitación de dedos es una tecnología prometedora para mejorar la función manual y reducir el dolor en pacientes con lesiones o enfermedades que afectan la movilidad de los dedos. Las tarjetas ESP32 ofrecen una plataforma de control personalizable, flexible y de bajo costo. Además, la integración de la plataforma ESP32 permite una comunicación inalámbrica y en tiempo real entre el guante y un dispositivo de control externo, lo que ofrece una mayor flexibilidad y comodidad en el uso del dispositivo.

Implementación de la Tarjeta Electrónica ESP32

La comunicación inalámbrica es otra ventaja importante que se logra mediante la integración de tarjetas ESP32 con guantes automatizados para la rehabilitación de dedos. La comunicación inalámbrica permite una mayor movilidad y flexibilidad para el paciente durante la terapia de rehabilitación. Según el estudio de Gupta et al. (2020), "la integración de la plataforma ESP32 con el guante automatizado para la rehabilitación de dedos permite una comunicación inalámbrica y en tiempo real entre el guante y un dispositivo de control externo, lo que ofrece una mayor flexibilidad y comodidad en el uso del dispositivo".

Otro estudio realizado por Wang et al. (2019) describió el uso de una tarjeta ESP32 para implementar un sistema de monitoreo de la calidad del aire. El sistema de monitoreo estaba compuesto por una serie de sensores que recopilaban datos sobre la calidad del aire, que luego eran transmitidos a través de la tarjeta ESP32 a una base de datos en línea.

Prototipos de Guantes Automatizados

Los guantes automatizados para la rehabilitación de dedos tienen como objetivo mejorar la capacidad funcional y motora de las manos y dedos a través de ejercicios controlados y

personalizados. Estos guantes pueden ser usados en pacientes con lesiones en las manos, enfermedades neurológicas, y personas que han sufrido accidentes cerebrovasculares, entre otros. Los guantes automatizados se han desarrollado utilizando diferentes métodos de control, tales como la utilización de motores, sensores, y dispositivos de retroalimentación.

Figura 10

RoboGlove



Nota. El objetivo principal de este modelo es facilitar las reparaciones en el espacio, ya que cuenta con la capacidad de brindar fuerza adicional a cualquier persona que lo utilice. Adaptado por hugomiranda.com, por NASA, General Motors y Bioservo Technologies AB, 2016, Fuente. (<https://www.hugomiranda.com/2016/07/guante-robotico-roboglove-multiplica-la.html>) SL.

En conclusión, la placa ESP32 es una placa de desarrollo muy flexible y asequible que ha ganado popularidad en la comunidad de la electrónica y la robótica como resultado de sus características y capacidades. Se ha utilizado en una amplia gama de aplicaciones del mundo real, incluidos los sistemas de monitoreo de la calidad del aire y las redes de sensores inalámbricos.

Figura 11

HaptX Glove



Nota. Este modelo se basa en la micro-neumática para implementar un sistema de retroalimentación de fuerza para los dedos. Adaptado por VR-NERDS, por HaptX, 2017, Fuente. (<https://www.vrnerds.de/haptx-glove-micro-pneumatic-fuer-finger-force-feedback/>) vrnerds.de.

Según Leal, el desarrollo de proyectos automatizados permite optimizar procesos, reducir costos y aumentar la eficiencia en la producción de bienes y servicios (Leal, 2016). La ESP32 es una tarjeta electrónica muy adaptable que se puede utilizar en una amplia gama de proyectos, desde robótica y sistemas de control automático hasta dispositivos de Internet de las Cosas. Además, una amplia gama de lenguajes de programación, incluidos C++, Python y JavaScript, son compatibles con él, lo que lo hace muy accesible para desarrolladores de todos los orígenes. En un estudio realizado por Morales et al., se demostró que el desarrollo de proyectos automatizados en la agricultura puede mejorar la eficiencia en el riego y la fertilización, lo que se traduce en un mayor rendimiento de los cultivos y una reducción del desperdicio de agua y nutrientes (Morales et al., 2019).

Figura 12

K-GLOVE



Nota. Este modelo cuenta con sensores de presión y tendones sintéticos, lo que permite al usuario sostener objetos con menor esfuerzo y mayor comodidad. Adaptado por muyinteresante.com, por la NASA y General Motors, 2018, Fuente.

(<https://www.muyinteresante.com.mx/422839/guante-robotico/>).

Debido a la popularidad del ESP32, ha surgido una gran comunidad de usuarios y desarrolladores, lo que ha permitido la aparición de numerosos recursos y herramientas para su uso y desarrollo. Esto incluye, entre otras cosas, foros de discusión, tutoriales y bibliotecas de software especializado.

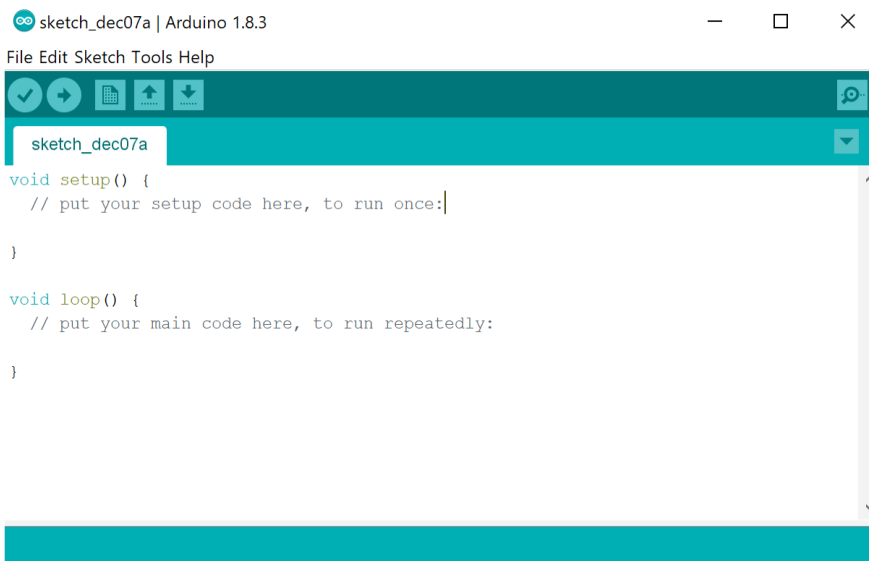
Arduino IDE

Arduino IDE es un software libre y de código abierto utilizado para programar microcontroladores de la plataforma Arduino. Este software es compatible con los sistemas operativos Windows, macOS y Linux y se basa en el lenguaje de programación C/C++. Arduino es una plataforma de prototipado electrónico de hardware y software libre que permite a los

usuarios crear prototipos interactivos con facilidad. El software utilizado para programar los microcontroladores de Arduino se llama Arduino IDE. (Fuente: Arduino, 2021)

Figura 13

Pantalla principal de Arduino IDE



Nota. Debido a su interfaz sencilla y accesibilidad para programadores de todos los niveles.

Adaptado por Microsoft, 2023, Fuente. (<https://learn.microsoft.com/en-us/training/educator-center/instructor-materials/hacking-stem?redirectSourcePath=%252fen-us%252farticle%252fuploading-board-code-and-arduino-ide-a9723765-1314-49e0-a69b-bb5c3e1f628d>).

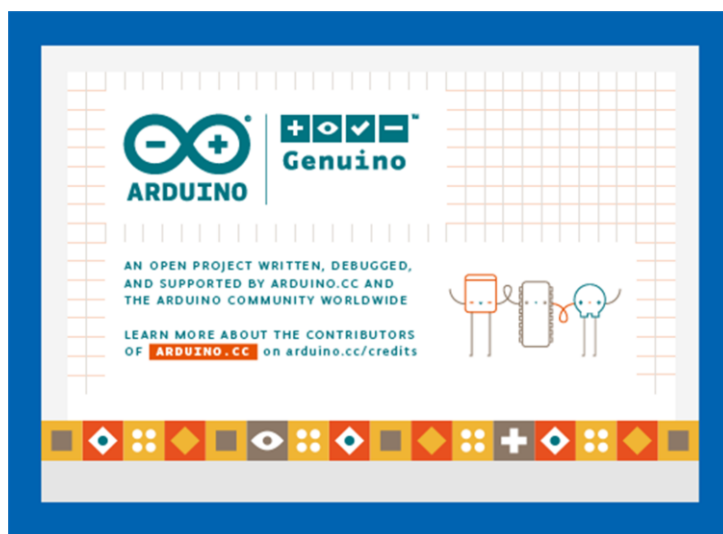
El IDE de Arduino es una aplicación escrita en Java que se ejecuta en sistemas operativos compatibles con Java, como Windows, MacOS y Linux. Proporciona una interfaz gráfica de usuario (GUI) para el usuario y cuenta con un editor de texto para escribir el código, una consola para mostrar mensajes de salida, un panel de propiedades para ajustar las configuraciones del proyecto y un cargador de firmware para cargar el código compilado en el microcontrolador de Arduino. (Fuente: Arduino, 2021)

Programación

La programación de Arduino IDE se basa en el uso de librerías predefinidas que permiten una programación sencilla y rápida de los microcontroladores. Algunas de las librerías más populares son "Servo", "Wire", "LiquidCrystal" y "SPI". El uso de Arduino IDE en proyectos de electrónica y robótica ha sido cada vez más popular debido a su facilidad de uso y a la gran cantidad de recursos y tutoriales disponibles en línea. Además, permite la programación de una amplia variedad de microcontroladores y periféricos, lo que lo convierte en una herramienta versátil para proyectos de diferentes niveles de complejidad.

Figura 14

Programación Arduino IDE



Nota. Un programa que está disponible de forma gratuita y es ampliamente utilizado para desarrollar innovaciones modernas. Adaptado por MSPoweruser.com, 2023, Fuente.

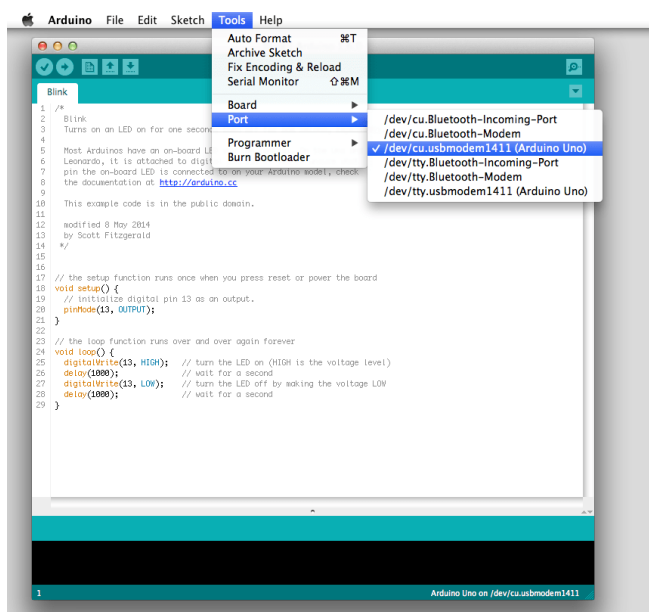
(<https://mspoweruser.com/arduino-ide-now-available-download-windows-store/>).

Lenguaje de Programación

Una de las principales ventajas de utilizar Arduino IDE es que el lenguaje de programación utilizado, basado en Wiring, es fácil de aprender incluso para aquellos sin experiencia en programación. Además, Arduino IDE ofrece una amplia variedad de librerías y ejemplos de código que se pueden utilizar como base para construir proyectos más complejos. (Fuente: Banzi, 2011)

Figura 15

Programación Arduino IDE



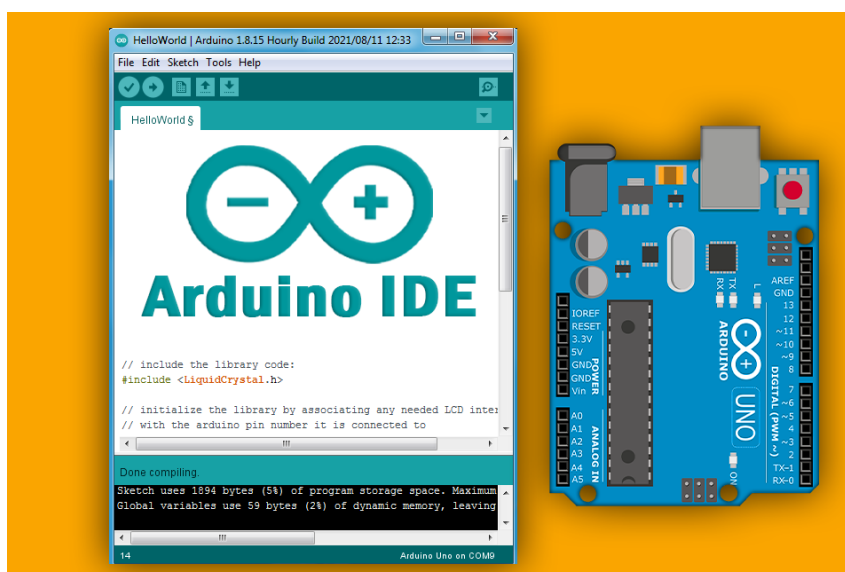
Nota. Al compilar el archivo de programa generado por el usuario, una interfaz fácil de usar le permite verificar virtualmente que funciona correctamente. Adaptado por Makezine, 2015, Fuente. (<https://makezine.com/article/technology/arduino/arduino-ide-1-6-released/>).

Además, Arduino IDE es compatible con una amplia variedad de placas de desarrollo de hardware de Arduino, lo que permite a los usuarios elegir la placa que mejor se adapte a sus necesidades y presupuesto. También hay una gran cantidad de recursos en línea, como foros de

discusión y tutoriales, para ayudar a los usuarios a resolver problemas y aprender a utilizar la plataforma de manera efectiva. (Fuente: Banzi, 2011) En resumen, Arduino IDE es una herramienta esencial para la programación de microcontroladores de la plataforma Arduino. Con una interfaz de usuario fácil de usar, una amplia variedad de librerías y ejemplos de código, y una gran cantidad de recursos en línea, es una opción popular para proyectos de electrónica y robótica. (Fuente: Arduino, 2021)

Figura 16

Interfaz de Arduino IDE



Nota. Una amplia gama de sistemas que son compatibles con la aplicación son compatibles con el software de código abierto, que está disponible para los desarrolladores. Adaptado por AbdProf, 2023, Fuente. (<https://andprof.com/tools/what-is-arduino-software-ide-and-how-use-it/>).

App Inventor

Se crean aplicaciones móviles para dispositivos Android utilizando el entorno de programación visual App Inventor. Cualquier persona interesada en desarrollar aplicaciones

móviles puede utilizarlo de forma gratuita. Fue desarrollado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology). App Inventor es una herramienta de programación visual creada por Google para el desarrollo de aplicaciones móviles en Android. (Wolber et al., 2011).

Figura 17

App Inventor



Nota. Aplicación online muy fácil y práctica para el desarrollo y creación de aplicaciones.

Adaptado por juegosrobotica.es, 2023, Fuente. (<https://juegosrobotica.es/cursos/app-inventor-2-intermedio/>).

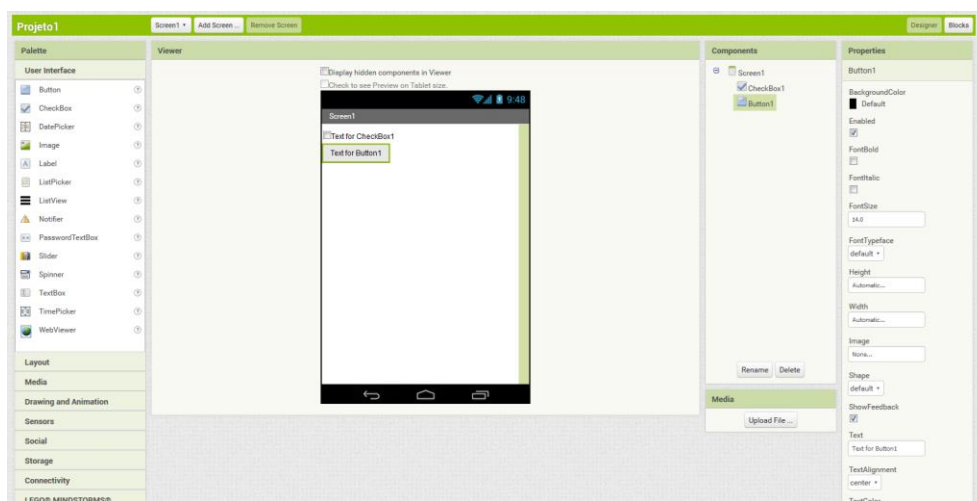
Interfaz

La interfaz gráfica de usuario en App Inventor se compone de diferentes componentes, como botones, etiquetas, campos de texto y gráficos, que se pueden arrastrar y soltar en la pantalla para diseñar la interfaz de la aplicación. (Wolber et al., 2011). Debido a que App Inventor utiliza un enfoque de programación visual basado en bloques, los programadores pueden crear aplicaciones arrastrando y soltando bloques de funciones en una pantalla en lugar de escribir código. Los programadores más experimentados pueden incorporar código

personalizado en sus aplicaciones gracias a la adición del soporte de programación Java. App Inventor utiliza un lenguaje de programación visual basado en bloques, que permite a los desarrolladores arrastrar y soltar bloques de código para crear la lógica de su aplicación. (Wolber et al., 2011).

Figura 18

Pantalla principal de App Inventor



Nota. En esta sección se puede revisar una previsualización de los widgets configurados para la interfaz de usuario. Adaptado por Wikipedia, 2023, Fuente.

(https://en.wikipedia.org/wiki/MIT_App_Inventor).

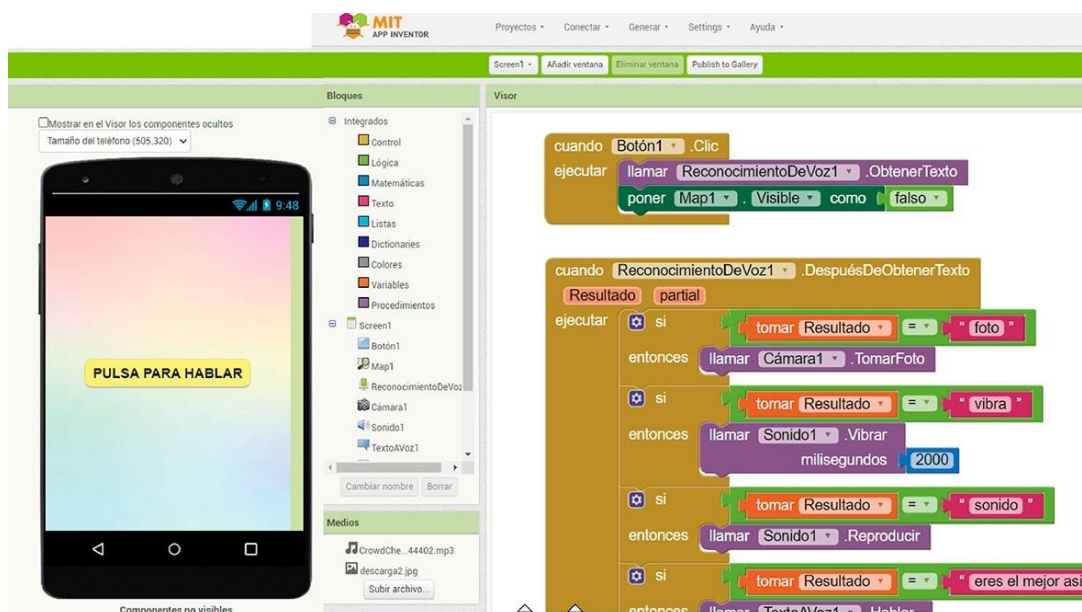
Características de la Plataforma

La compatibilidad con sensores, la integración de servicios en línea y la capacidad de desarrollar aplicaciones interactivas y multimedia son todas características de App Inventor. Además, la plataforma tiene una comunidad de usuarios dinámica que frecuentemente publica proyectos y recursos en línea. (Sanchez y Cortés, 2019). Las capacidades de App Inventor incluyen el soporte para sensores, la integración de servicios en línea y la creación de aplicaciones interactivas y multimedia. Una vibrante comunidad de usuarios en la plataforma

también publica con frecuencia proyectos y recursos en línea. App Inventor permite a los desarrolladores acceder a una amplia variedad de componentes y servicios de Android, como la cámara, el GPS, el almacenamiento interno y externo, entre otros, lo que permite crear aplicaciones muy ricas en características. (Wolber et al., 2011).

Figura 19

Programación de interfaz en App Inventor



Nota. El desarrollo de aplicaciones que faciliten la creación de aplicaciones de acuerdo con las necesidades del usuario puede verse como algo sencillo de usar. Adaptado por lacasaencendida.es, 2023, Fuente. (<https://www.lacasaencendida.es/cursos/creacion-fabricacion-digital/app-inventor-aplicaciones-android-14256>).

App Inventor también se destaca por su comunidad en línea activa y su amplia gama de tutoriales y recursos disponibles en línea, lo que hace que el aprendizaje y la solución de problemas sean más accesibles para los desarrolladores. (Sanchez y Cortés, 2019). Los juegos, las herramientas de aprendizaje y las aplicaciones de productividad son solo algunas de las

aplicaciones desarrolladas con App Inventor. A los estudiantes se les ha enseñado a programar utilizando App Inventor en entornos educativos, y ha recibido elogios por su naturaleza accesible y amigable para principiantes.

Metodología y Desarrollo del Proyecto

El objetivo principal es crear un guante automatizado que sea útil en la rehabilitación de los dedos de personas que presentan lesiones o discapacidades en la mano. Los requisitos para su diseño podrían incluir el número de dedos a controlar, la precisión de los movimientos, la comodidad del guante, la duración de la batería, entre otros aspectos importantes.

Seleccionando el modelo del guante para controlar los movimientos de los dedos. En este proceso se deben considerar aspectos como la ergonomía y la comodidad del guante, así como la precisión y sensibilidad de los sensores utilizados. Se considerará la serie de bolsas de aire colocadas estratégicamente en cada dedo. Estas bolsas se inflan y desinflan mediante bombas de aire y válvulas para ajustar individualmente la presión del dedo del guante a través de la placa ESP32.

Para la selección de los componentes electrónicos necesarios para el control del guante, como la tarjeta ESP32 y el guante escogido. Considerando la programación de la tarjeta ESP32 es esencial para el control del guante. Se puede utilizar el lenguaje de programación de Arduino, que es compatible con la tarjeta ESP32, para programar los movimientos de la tarjeta del guante como respuesta a la señal de los auto acopladores para controlar la bomba de aire y las diversas bolsas de aire dentro del guante. Esto se logra mediante el uso de un lenguaje de programación y un software apropiado para la tarjeta. La programación de la tarjeta esp32 incluía programación para controlar bombas de aire, unas válvulas para cada dedo y comunicación inalámbrica con una computadora o dispositivo móvil para controlar la rehabilitación.

Una vez que se configurado el guante con la tarjeta ESP32, es necesario llevar a cabo pruebas para verificar que el sistema funcione correctamente y que cumpla con los requerimientos establecidos. Si es necesario, se pueden hacer ajustes al diseño o a la

programación para mejorar el rendimiento del guante neumático y la tarjeta ESP32 calibrándolo para garantizar el inflado y desinflado de la bolsa de aire sea preciso y adaptado a las necesidades de cada paciente. Realice pruebas y validaciones adecuadas de su sistema.

Evaluación de la capacidad de los guantes neumáticos para aplicar la presión adecuada en los dedos del usuario. Adicionalmente, se realizó la validación del software de la tarjeta esp32 para confirmar su correcta funcionalidad y comunicación inalámbrica.

Finalmente, se debe realizar una evaluación de la efectividad del guante automatizado para el adecuado funcionamiento de la rehabilitación de dedos. Se puede realizar con la prueba y considerando los resultados de control que utiliza el guante. Los resultados se pueden utilizar para mejorar el diseño y la programación del guante. Evaluando la flexibilidad y la fuerza de los dedos antes y después del uso del guante, para determinar si se están logrando mejoras en la movilidad y la fuerza de los dedos. Verificando ajustes y mejoras al guante neumático y de la tarjeta ESP32 según los resultados de las pruebas y las necesidades de los pacientes.

En primer lugar, se eligió un guante neumático para la creación de este proyecto, que verificó los componentes del guante en su embalaje y examinó un método adecuado para la conexión de la placa ESP32. Repasaremos el módulo de transmisión y los ajustes que se configuraron previamente en su módulo de control de transmisión de guantes neumáticos. A tener en cuenta una intervención adecuada para el acoplamiento de la tarjeta con su tarjeta de control, que aloja internamente el módulo de control del guante neumático. Activar el módulo del guante que gestiona el funcionamiento, teniendo en cuenta el objetivo principal de atender adecuadamente el ingreso de la tarjeta, ya sea en su estructura interna o considerando de manera estéticamente agradable la inclusión de la tarjeta electrónica para controlarla de forma inalámbrica a través de comandos de voz.

Figura 20*Hand Function Rehabilitation Training Device*

Nota. Este modelo ha sido diseñado específicamente para la rehabilitación de la mano derecha en usuarios que presenten lesiones, y se caracteriza por su facilidad y practicidad de uso gracias a su módulo de funcionamiento.

Se realizó una evaluación exhaustiva de la apertura del módulo de operación para determinar cómo funciona el módulo de accionamiento neumático del guante en relación con sus dimensiones. Es un dispositivo pequeño, extremadamente útil y fácil de usar. Los botones de acción del guante en la parte frontal del módulo permitieron ver el panel de botones de operación, que está compuesto por el botón de encendido del módulo de manejo del guante y un botón con el símbolo de retorno que permite cambiar entre las tres funciones que ofrece. Los botones de activación del módulo operan el guante neumático en sus diversos modos de activación en las válvulas de cada dedo, dispersando el aire que produce durante el tiempo predeterminado para cada período de trabajo, mostrando la cantidad de tiempo utilizado y mostrando el nivel de la batería. que estaba presente en el momento de la operación.

Figura 21

Frente del módulo de accionamiento del guante



Nota. Se muestra la parte frontal del panel del módulo que acciona al guante neumático de fácil uso y compacto.

El módulo de accionamiento de guantes neumáticos tiene una pegatina en la parte trasera que incluye información sobre la batería que integra, los requisitos de voltaje y corriente para su funcionamiento y los orificios de ventilación que tiene para liberar el aire que produce el pequeño compresor que lleva integrado en su interior. componente. Además, desmonte las gomas de soporte que no tengan orificios para las aberturas de los módulos. Debido a que no se encontraron orificios de apertura en ninguna de las partes de caucho de silicona utilizadas para soportar el módulo para las superficies en las que se puede apoyar, esto plantea la posibilidad de una invasión que se siente algo forzada. Una consideración muy importante es cómo debe evaluarse la apertura del módulo para permitir una evaluación interna de los componentes internos del módulo de guantes neumáticos.

Figura 22

Parte trasera del módulo de accionamiento del guante



Nota. En la imagen se puede apreciar la cara posterior del panel del módulo encargado de controlar el guante neumático, donde se visualizan los distintos parámetros utilizados por los componentes que conforman el sistema.

Fue difícil de abrir porque no pude averiguar cómo acceder al módulo operativo del guante. Sin embargo, gracias a una técnica algo invasiva, fue posible ver la parte que pudo levantar la placa de plástico, que contiene cuatro tornillos de fijación que sellan el módulo operativo del guante. Al ver el módulo como una pantalla LCD, fue posible descartar la posibilidad de que los teclados físicos fueran los que encendieron el módulo. El método por el cual se abrió el módulo de operación, que permite la apertura para la evaluación e investigación de los componentes que integran y componen los distintos accionamientos que realizan la apertura y contracción de las válvulas para el aire que distribuye los motores que lo integran, en realidad hizo este proceso más difícil. Los botones que activan y envían la señal son resortes que envían modificar el funcionamiento del módulo de guantes.

Figura 23

Apertura del módulo de accionamiento del guante



Nota. Se presentó un poco de dificultad al momento de la apertura ya que no se encontraba los orificios de desmontaje del panel frontal del guante neumático.

Debido a la capacidad de apertura del módulo, fue posible desmontar la placa para evaluar cómo integrar las capacidades de comunicación de la tarjeta ESP32, el panel de botones de la placa impresa que contiene y la posibilidad de utilizar terminales compatibles con cinco en la junta. Botones para controlar el funcionamiento del módulo de guantes. Con estos parámetros establecidos, será posible elegir cómo incorporar una idea que contribuya a la tarea y función del proyecto. El módulo de guantes neumáticos se activa mediante una serie de microcomponentes en esta placa impresa, incluidos los leds que integran en un lado los que reflejan la indicación del conteo del tiempo de uso transcurrido, los niveles de aumento y disminución de fuerza, los tres modos que el módulo tiene programados, terminales de conexión para el módulo de carga, motores, la batería que contiene, y un pequeño ventilador que podría usarse como disipador de calor tanto para la placa del módulo como para la batería.

Figura 24

Desmontaje del módulo de la placa de accionamiento del guante



Nota. Se logró identificar el funcionamiento de accionamiento del módulo del guante neumático, el cual recibe la señal del contacto de los resortes contraídos para la señal en el guante se accione y modifique sus parámetros de función y fuerza.

Puede ver las partes que componen la sección interna del módulo de accionamiento del guante, incluida la batería que almacena energía, el módulo de entrada de carga, el motor que crea aire para la parte del guante y mueve los dedos del guante en todas las direcciones, la conexión a la placa que se ejecuta y cómo funciona cada uno de los diversos modos de funcionamiento del dispositivo. La forma en que está configurado facilita la ubicación de la fuente de alimentación para cada módulo y componente que tiene distribuido internamente en su parte interna. También hace posible ver dónde y cuánto espacio se está usando en el tablero balanceado internamente. Debido a la forma que restringe un poco la fijación de la placa de control, que se considera la ubicación de la tarjeta en el interior del módulo de control del guante, los espacios que quedan en el interior también son extremadamente pequeños.

Figura 25

Parte interna del módulo del guante neumático



Nota. En esta aplicación se logró organizar los grupos de comandos para el accionamiento de los modos que tiene configurados predeterminadamente el guante.

Se realizaron las pruebas correspondientes para tener en cuenta las señales que inicialmente se tomaron en cuenta para la comunicación de la tarjeta electrónica ESP32 con la tarjeta que controla el guante. Se sugirió soldar unos cables para la recepción de la señal para que recibiera de la tarjeta. Se piensa como el contacto que recibe de los resortes que soldó a la placa electrónica, que al contraerse hace el contacto para el envío de la señal por el cambio que tiene por configuración de aumento o reducción de la fuerza aplicada en cada período de la por lo que está funcionando. Adicionalmente, se confirma que las líneas funcionan correctamente para confirmar que el módulo funciona correctamente con la placa intervenida y que las líneas pueden seguir funcionando correctamente con la tarjeta ESP32 sin causar ningún problema. Pero debido a las pruebas realizadas para el emplear la misma se consideró construir otra tarjeta para el control con la tarjeta debido a la señal que recibía sería dañina por los voltajes y corrientes que utiliza la tarjeta y los componentes del módulo de accionamiento del guante.

Figura 26

Parte interna del módulo del guante neumático



Nota. En esta aplicación se logró organizar los grupos de comandos para el accionamiento de los modos que tiene configurados predeterminadamente el guante.

Se realizó el moldeo de las piezas para adaptarlo y moldearlo adecuadamente de manera que facilite el acoplamiento con el usuario que lo utiliza para soportar la fuerza que ejercen los servomotores a instalarse en cada válvula que permite el paso del aire que distribuyen las bombas en las válvulas acordeón que se expande con el aire generado por los motores y la electroválvula que acciona las bombas para la distribución y absorción completa de las válvulas que cada dedo del usuario puede accionar. Este procedimiento se utilizó para conformar la base apoyabrazos, la cual debe sujetarse teniendo en cuenta los puntos de fijación necesarios para permitir la inmovilización de una manera específica debido a la fuerza requerida para lograr el movimiento de la llave que permite abrir o cerrar el paso de aire que distribuye el módulo de control de guantes neumáticos.

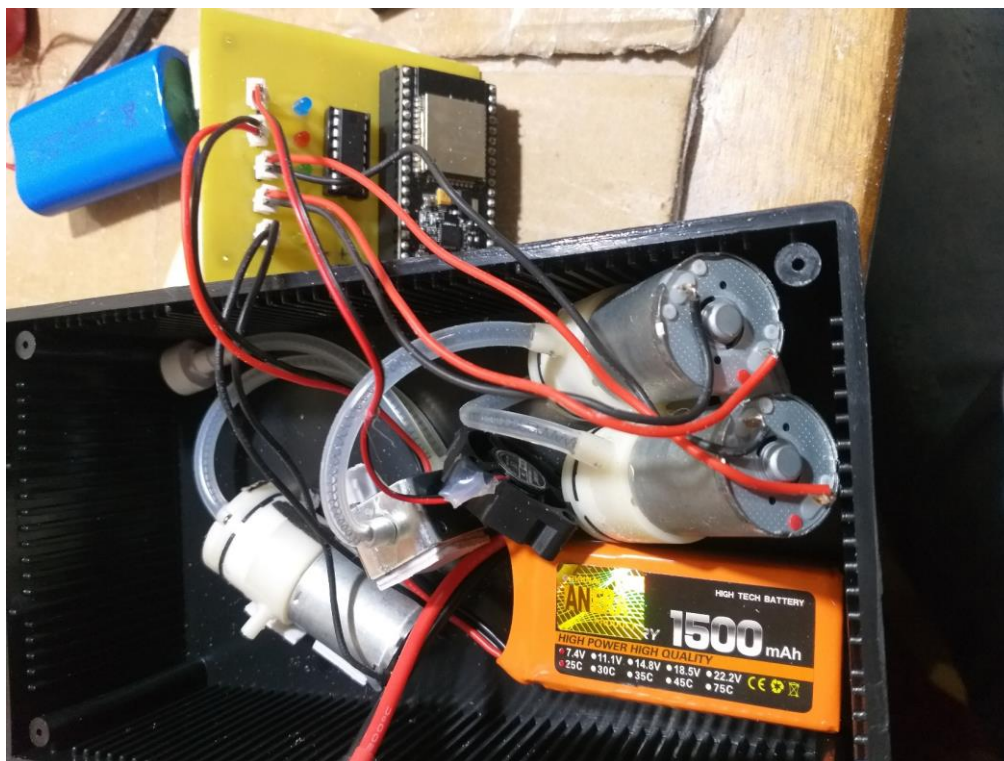
Figura 27*Desarrollo de base de sujeción de válvulas del guante*

Nota. Se realizó el moldeo con calor de la base del guante y se limo los los bordes de la pieza modelada.

Se realizó un desmontaje de los elementos que integran el módulo de accionamiento del guante neumático que internamente contiene, los cuales se intentó extraer con cautela ya que se encontraban adheridas con silicona, las cuales complicaron un poco el desmontaje de la caja que la tenía ubicados en el espacio compacto con esponjas y almohadillas de espuma en varios espacios entre elementos que complementan el circuito para controlar el accionamiento del guante neumático y adicionando una batería adicional para el voltaje requerido para el trabajo óptimo de los servomotores que se planea instalar para las aperturas de las válvulas de cada dedo

Figura 28

Distribución de nuevo módulo de control del guante



Nota. Instalación de los componentes en esta sección de manera que permitan que el nuevo módulo controle el guante neumático.

Los servomotores requerían una estructura de sujeción a nivel de superficie porque necesitaban ser fijados en una posición que soportara y permitiera el funcionamiento de las llaves que proporcionaban el aire de cada dedo en el guante, posibilitando la ejecución de la apertura de la secuencia de los dedos que se espera que programe ya sea independientemente la operación de cada dedo o la mano secuencialmente por el período de tiempo. La posición en la que se configuran las llaves del guante con los grados está algo equilibrada por la sumisión de todos los servomotores.

Figura 29*Exoesqueleto del guante*

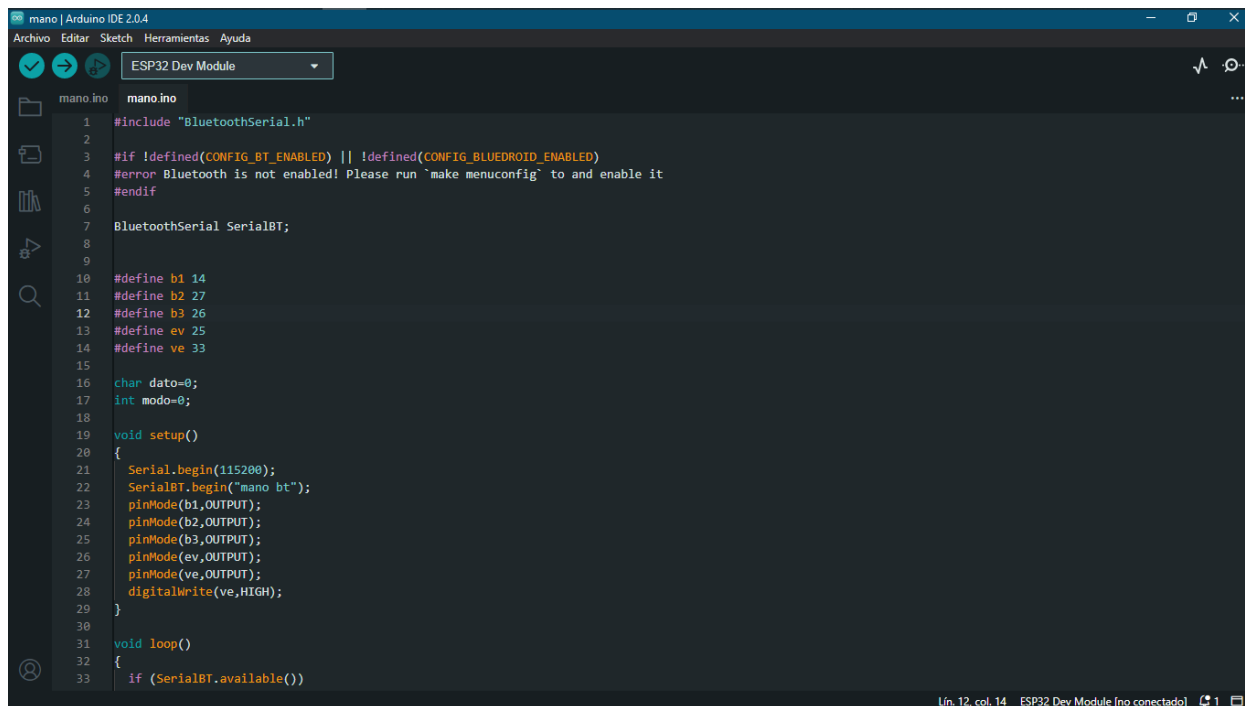
Nota. Se ajustó la distribución de los servos en las llaves del guante, así como el apoyo requerido para su correcto movimiento del exoesqueleto.

En la siguiente pantalla se demuestra la manera por la cual quedo constituida la construcción y definición de las variables a emplear en la aplicación de Arduino IDE, configuración del reconocimiento Bluetooth de la tarjeta ESP32 para la conexión como “mano bot” para el emparejamiento con la aplicación que se plantea utilizar, los pines a utilizar de la ESP32 de las cuales se necesitan definir para las tres bombas que contiene; la electroválvula y el ventilador de disipación que contiene. Constates las cuales se determina una función en base al accionamiento de la apertura y cierre de la mano neumática, culminando con la definición de cuatro comandos los cuales permitirían actuar a la tarjeta en base a los siguiente comandos: el de “activar” para dar la acción de trabajo; “abrir” para que las válvulas de aire se expandan del guante; “cerrar” para que las válvulas se contraigan y “Desactivar” para bloquear la función de

trabajo la cual no permitiría el accionar el guante neumático considerando como un periodo de parada.

Figura 30

Desarrollo de programación de tarjeta ESP32



```

mano.ino
1 #include "BluetoothSerial.h"
2
3 #if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
4 #error Bluetooth is not enabled! Please run `make menuconfig` to and enable it
5 #endif
6
7 BluetoothSerial SerialBT;
8
9
10 #define b1 14
11 #define b2 27
12 #define b3 26
13 #define ev 25
14 #define ve 33
15
16 char dato="0";
17 int modo=0;
18
19 void setup()
20 {
21   Serial.begin(115200);
22   SerialBT.begin("mano bt");
23   pinMode(b1,OUTPUT);
24   pinMode(b2,OUTPUT);
25   pinMode(b3,OUTPUT);
26   pinMode(ev,OUTPUT);
27   pinMode(ve,OUTPUT);
28   digitalWrite(ve,HIGH);
29 }
30
31 void loop()
32 {
33   if (SerialBT.available())

```

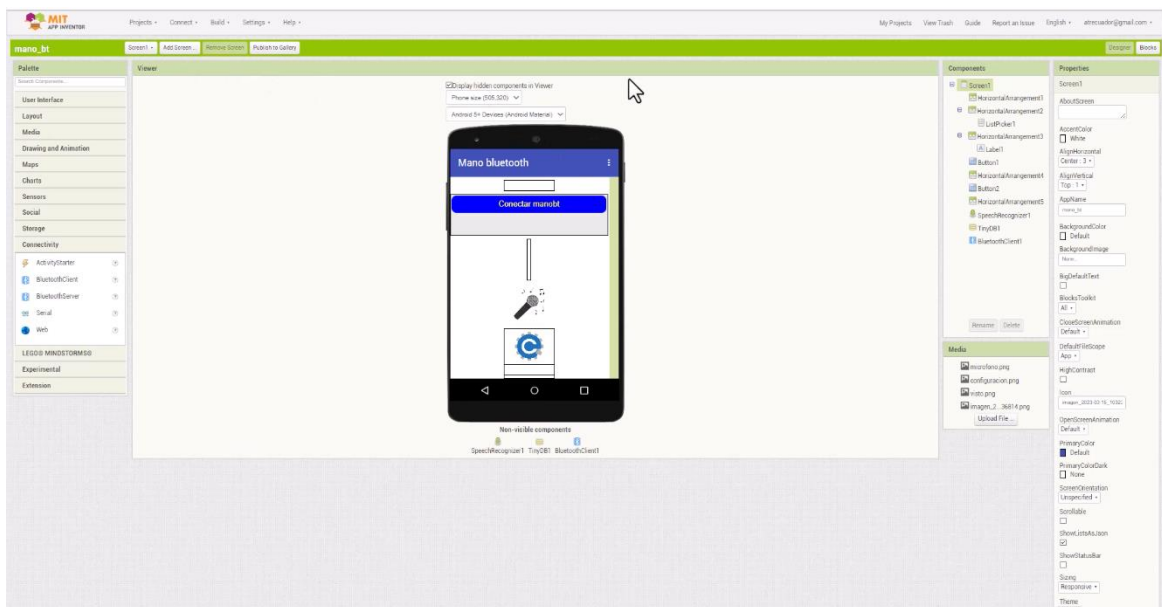
Nota. Se procedió a determinar las variables y compuertas a utilizar para las funciones requeridas de accionamiento.

El método por el cual se construyó la aplicación en App Inventor se mostrará en la siguiente pantalla porque es el adecuado para la construcción de una aplicación que aceptará el comando de voz establecido para el correcto funcionamiento o función configurada en la memoria de la tarjeta. La tarjeta ESP32 en cuestión será la encargada de tomar la información y procesarla antes de enviar PWM al módulo de accionamiento del módulo de guantes neumáticos. La distribución de los paneles de botones físicos del módulo de la guantera se realizó para permitir también la manipulación inalámbrica del dispositivo.

Adicionalmente, se tuvo en cuenta la posibilidad de activación por voz, y la distribución de los íconos del panel de botones de la unidad se realizó de acuerdo con la configuración esperada del código de programación Java.

Figura 31

Desarrollo de aplicación de control



Nota. En esta aplicación se distribuyó los comandos de control para realizarlo de manera de controlarlo por medio de los comandos de voz.

Se realizaron pruebas y correcciones funcionales a la configuración de la tarjeta ESP32 con los elementos de actuación del módulo de guante que la controla, estableciendo la secuencia e identificación de las bombas que actúan para la apertura y la bomba que acciona el cierre, la electroválvula que acciona el módulo con la tarjeta diseñada para controlarlo mediante comandos de voz y la ejecución que recibe los comandos y los envía a la biblioteca configurada del módulo que controla al guante neumático. La comunicación entre los dispositivos es por medio Bluetooth que se configuro para la aplicación y la tarjeta electrónica, la cual ejecuta los comandos enviados por la app del dispositivo móvil creada, la cual envía los comandos empleando las librerías de

Google necesita una conexión con el servidor WiFi con la programación de la placa electrónica ESP32 programada.

Figura 32

Pruebas de Funcionamiento del Guante Neumático



Nota. Se reviso el funcionamiento del guante neumático con la tarjeta ESP32 configurada.

Una vez desarrollado el software, se procedió a realizar pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del guante automatizado. Para ello, se utilizó una mano artificial con la que se simularon diferentes grados de flexión de los dedos, y se midió la respuesta del guante ante cada uno de estos grados. Enviando los comandos dictados por la voz los cuales recepta la aplicación desarrollada, la cual transmite el comando configurado para enviarlo a la tarjeta por medio de conexión bluetooth y activando el módulo de control del guante neumático.

Figura 33

Prueba de funcionamiento del guante



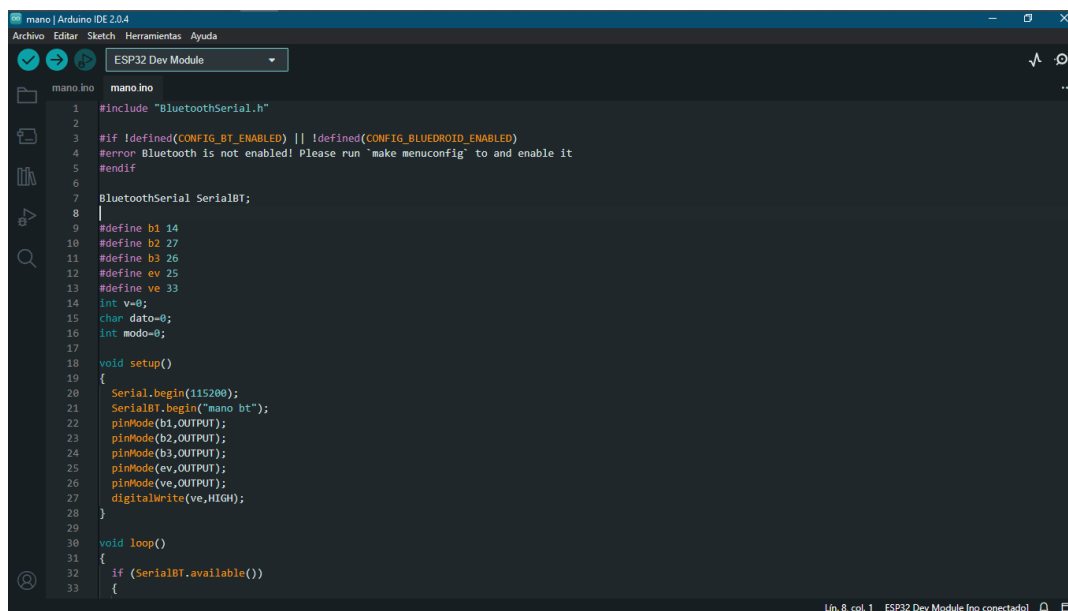
Nota. En esta prueba se verificó el funcionamiento del guante neumático con sus diferentes configuraciones del módulo de accionamiento.

El desarrollo del control de un guante neumático para la rehabilitación de dedos por medio de una tarjeta ESP32 fue exitoso, ya que se logró un diseño funcional y se comprobó su correcto funcionamiento mediante pruebas rigurosas. Es importante destacar que este desarrollo es una muestra del potencial que tienen las tarjetas ESP32 en la creación de soluciones innovadoras para el área de la salud y la rehabilitación. Con el uso de estas tarjetas, se pueden crear dispositivos más eficientes y accesibles para ayudar en el tratamiento de diferentes padecimientos.

Propuesta

La rehabilitación de la mano es un aspecto importante para mejorar la calidad de vida de los pacientes que han sufrido una lesión cerebral o una lesión en el miembro superior. En este sentido, el desarrollo de guantes automáticos que permitan la regeneración de los dedos se ha convertido en una opción más utilizada. El objetivo de esta propuesta es desarrollar un sistema de control para un guante automático que facilite la recuperación de los dedos utilizando una placa ESP32. Existe un gran potencial para implementar un guante automatizado para la recuperación de los dedos utilizando la placa ESP32. Con la ayuda de un guante automático fabricado según la metodología descrita aquí, las habilidades motoras de la mano se pueden restaurar de forma más rápida y completa. Este método de rehabilitación también se puede utilizar para tratar una variedad de enfermedades y lesiones, incluidos accidentes cerebrovasculares, enfermedades neuromusculares y lesiones traumáticas. La rehabilitación de los dedos es un aspecto importante para mejorar la calidad de vida de los pacientes con lesión cerebral o lesión en las extremidades superiores. La implementación de un guante automático controlado por una placa ESP32 puede proporcionar una solución fácil y rentable para la rehabilitación de los dedos. La interfaz gráfica de usuario permite una fácil configuración de la rehabilitación de cada dedo y el seguimiento del progreso del paciente.

Usar una placa ESP32 para controlar un guante neumático de rehabilitación de dedos es una solución creativa con muchas ventajas. La capacidad de la tarjeta ESP32 para procesar datos de manera eficiente y precisa permite una respuesta inmediata en tiempo real y la capacidad de cambiar el movimiento del guante. La placa ESP32 también tiene una serie de interfaces de comunicación, como Bluetooth y Wi-Fi, que permiten transferir datos a la plataforma para rastrear y monitorear la recuperación del usuario.

Figura 34*Arduino IDE*


```

mano.ino
ESP32 Dev Module
1 #include "BluetoothSerial.h"
2
3 #if defined(CONFIG_BT_ENABLED) || defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
4 #error Bluetooth is not enabled! Please run "make menuconfig" to and enable it
5 #endif
6
7 BluetoothSerial SerialBT;
8
9 #define b1 14
10 #define b2 27
11 #define b3 26
12 #define ev 25
13 #define ve 33
14 int v=0;
15 char dato="0";
16 int modo=0;
17
18 void setup()
19 {
20   Serial.begin(115200);
21   SerialBT.begin("mano bt");
22   pinMode(b1,OUTPUT);
23   pinMode(b2,OUTPUT);
24   pinMode(b3,OUTPUT);
25   pinMode(ev,OUTPUT);
26   pinMode(ve,OUTPUT);
27   digitalWrite(ve,HIGH);
28 }
29
30 void loop()
31 {
32   if (SerialBT.available())
33   {

```

Nota. Aplicación para desarrollo de programación de control del guante neumáticos.

El beneficio adicional de esta propuesta es que permite cambiar el diseño y la configuración del guante para adaptarse mejor a las necesidades de cada paciente. Esto significa que la fuerza y la presión de los actuadores se pueden ajustar para adaptarse al nivel de resistencia y movilidad del paciente. Esto nos permite garantizar que el guante de rehabilitación automática de dedos es una herramienta eficaz para recuperar la movilidad y la funcionalidad de la mano. Recomendamos considerar fabricar guantes con materiales más ligeros y flexibles. Investigaciones recientes de Yang et al. (2020) demostraron cómo el uso de materiales altamente flexibles para fabricar guantes de rehabilitación de manos puede mejorar la comodidad del usuario y la eficacia de la terapia.

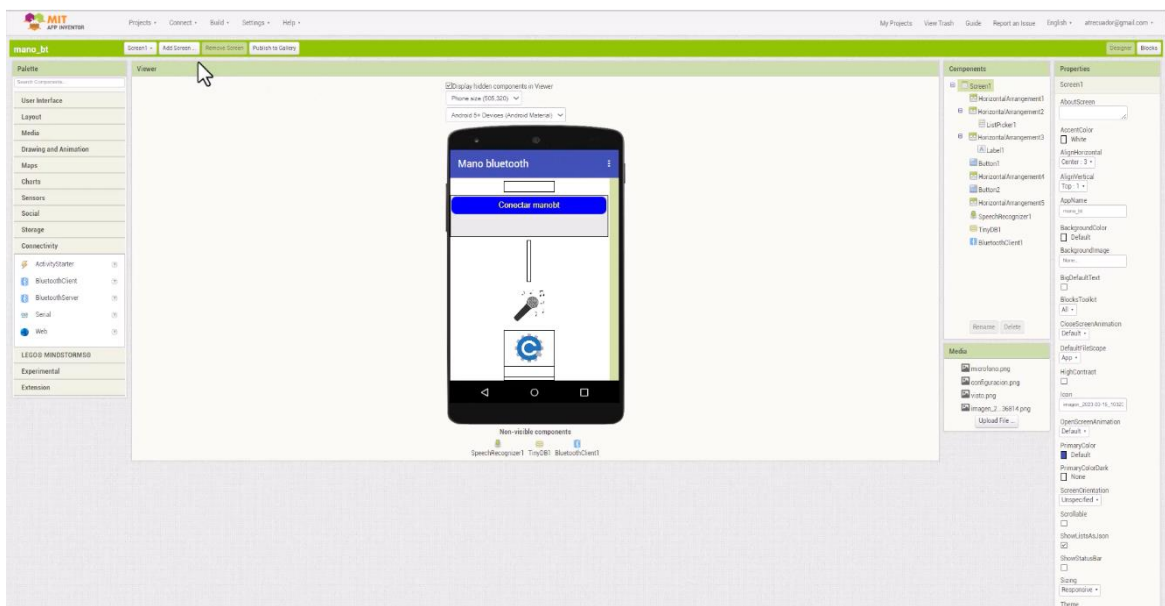
Se propone la creación de una aplicación móvil para controlar un guante automatizado destinado a la rehabilitación de dedos mediante una tarjeta ESP32. El objetivo principal es proporcionar a los pacientes con lesiones en las manos una solución de rehabilitación eficiente y

accesible. La aplicación permitirá a los pacientes controlar el guante desde su dispositivo móvil, lo que facilitará su uso en cualquier lugar y en cualquier momento.

La aplicación será compatible con dispositivos Android y permitirá el control de varios movimientos de dedos y muñeca. La interfaz de usuario será sencilla e intuitiva, lo que permitirá a los pacientes configurar fácilmente la intensidad y el tipo de movimiento del guante. La aplicación también recopila datos sobre el progreso del paciente y proporciona informes detallados para que el fisioterapeuta realice un seguimiento del proceso de rehabilitación.

Figura 35

Desarrollo en App Inventor



Nota. Desarrollo de una aplicación de comunicación para el control y activación del mecanismo automático de guante.

Se espera obtener un guante automático que brinde la posibilidad de rehabilitar los dedos de pacientes con discapacidad en la mano. El sistema de control basado en la placa ESP32 y el algoritmo de control desarrollado deberían permitir generar los movimientos adecuados para la

recuperación de los dedos. Se espera que el sistema sea efectivo para mejorar la movilidad del brazo en pacientes con discapacidades y reducir la carga de trabajo del terapeuta.

Se utiliza una placa ESP32 para controlar los movimientos de los dedos del guante automático. Para ello se ha preparado un circuito electrónico que controla los motores de los guantes y registra la información de los sensores. Los datos recibidos se envían al programa Arduino, donde se procesan los datos y se detecta el movimiento del guante. Se desarrollará una interfaz gráfica de usuario para permitir que el terapeuta personalice la rehabilitación de cada dedo y controle el progreso del paciente.

Figura 36

Tarjeta ESP32



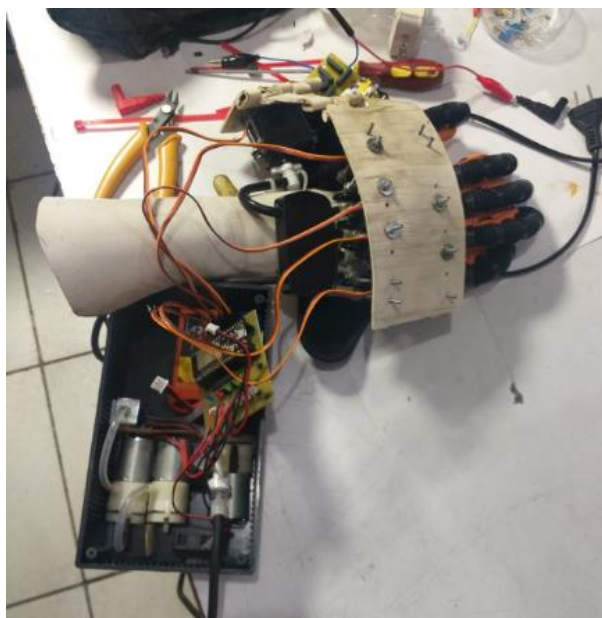
Nota. La siguiente tarjeta se utiliza para programar y desarrollar el proyecto de guante automatizado.

Otra área interesante de investigación es explorar cómo se puede utilizar el aprendizaje automático y la inteligencia artificial para optimizar el proceso de recuperación. En un estudio reciente de Chen et al. Como se muestra (2020), la aplicación de técnicas de aprendizaje profundo puede mejorar significativamente la precisión de la detección del movimiento de

manos y brazos. Estos métodos pueden mejorar la evaluación del progreso del paciente durante el tratamiento y manejo del guante.

Figura 37

Guante Automatizado Programado



Nota. Desarrollo propio.

En resumen, sería recomendable seguir investigando y desarrollando guantes automatizados para la rehabilitación de los dedos, con énfasis en incluir sensores de fuerza y movimiento, inteligencia artificial y técnicas de aprendizaje automático, así como otros más ligeros y flexibles. materiales con el potencial de ser una herramienta especial y altamente efectiva en el campo de la fisioterapia. Él cree que esta tecnología acelerará la recuperación de las habilidades motoras de la mano, reducirá el tiempo que los pacientes deben pasar por la rehabilitación y mejorará la calidad de vida de las personas que han sufrido accidentes cerebrovasculares, enfermedades neuromusculares y lesiones traumáticas.

Conclusiones

La implementación de un guante neumático con un diseño adecuado y materiales de calidad contribuye significativamente a mejorar la movilidad de los dedos y a la recuperación de habilidades motoras finas.

La combinación de la programación en Arduino IDE y el uso de App Inventor para el control del guante permiten una configuración precisa y personalizada del dispositivo, lo que facilita su uso y mejora la experiencia del usuario.

La tarjeta ESP32 se presenta como una plataforma ideal para la implementación de sistemas de control, ya que cuenta con una amplia gama de funciones integradas y un bajo costo en comparación con otros dispositivos similares.

La programación en App Inventor y el uso de Arduino IDE permiten la creación de interfaces de usuario intuitivas y eficientes para el control del guante neumático, lo que facilita su uso y mejora la experiencia del usuario.

Recomendaciones

Realizar un estudio a un determinado grupo, ya que es crucial evaluar la eficacia del guante en la rehabilitación de los dedos. Esto permite determinar si los resultados del grupo estudiado para utilizar y reproducir para un segmento destinado de producción.

La personalización del modelo es necesaria porque cada paciente tiene requisitos y capacidades únicas. Sería recomendable adaptar los guantes automatizados y la programación de la tarjeta ESP32 para que se ajusten a cada caso individual con el fin de mejorar los resultados de la rehabilitación.

Se prevé un uso aplicable con otras terapias porque el guante automático y la tarjeta ESP32 pueden ser una valiosa adición a otros tratamientos de rehabilitación. También se recomienda el uso de fisioterapia y otras terapias junto con el modelo diseñado.

Evaluación continua para monitorear el desarrollo del paciente a lo largo del proceso de rehabilitación y, según sea necesario, modificar el uso de guantes y la programación de la tarjeta ESP32 para garantizar el máximo beneficio.

La constante capacitación en los campos de la robótica, la mecánica y el desarrollo de aplicaciones para implementar con éxito el guante automatizado en la rehabilitación de los dedos. También debe considerar colaborar con expertos médicos en el campo relacionado con estos proyectos.

Modificación del diseño del modelo del guante que beneficie la funcionalidad del guante agregando más sensores y actuadores. Las cuales mantengan la idea de construcción o modificación de los modelos, que ayudaran con la rehabilitación de los dedos en la salud física para los usuarios destinados del rango que tenga estos proyectos.

Referencias

- Arduino. (2021). Arduino IDE. Recuperado el 16 de febrero de 2023, de <https://www.arduino.cc/software>
- Ahn, K., Kim, K., y Lee, J. (2019). Autonomous driving system: A review of technologies and challenges. *IEEE Access*, 7, 66582-66593.
- Ali, S. S., Qadir, J., Imran, M. A., y Hassan, S. A. (2020). ESP32-Based Wireless Sensor Networks: A Comprehensive Survey. *IEEE Access*, 8, 39867-39893. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2971291
- Banzi, M. (2011). *Getting Started with Arduino*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.
- Shiloh, M. (2014). *Getting Started with Arduino: The Open Source Electronics Prototyping Platform*. O'Reilly Media.
- Bari, Md. S., Rahman, M. A., Hasan, M. K., y Iqbal, M. A. (2021). Design and Development of a Low-Cost Smart Glove for Hand Rehabilitation. *Journal of Medical Systems*, 45(4), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10916-021-01798-7>
- Bhatt, P., Patel, N., Patel, P., y Patel, H. (2021). Design of IoT based home automation system using ESP32. 2021 IEEE 8th Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON).
- Cao, C., y Sun, T. (2020). Design and Implementation of Finger Rehabilitation Equipment Based on ESP32. *Journal of Physics: Conference Series*, 1518(2), 022057. doi: 10.1088/1742-6596/1518/2/022057
- Chakraborty, S., y Pancholi, S. (2019). IoT Enabled Smart Glove for Hand Rehabilitation. In 2019 IEEE 2nd International Conference on Knowledge Engineering and Applications (ICKEA) (pp. 386-390). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ickea.2019.8884172>

- Chen, H. Y., Chen, Y. T., Huang, C. C., y Lu, T. W. (2017). Robotic approaches for the rehabilitation of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 25(3), 298-311.
- Chen, Y., Wang, X., y Gao, Z. (2020). Deep Learning-based Hand Gesture Recognition and Application in a Rehabilitation Glove. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 28(7), 1629-1637. doi: 10.1109/TNSRE.2020.2995331
- Cuello, J. E., Ayala, J. G., y Medina, M. (2020). Desarrollo de proyectos automatizados en la industria manufacturera: Un análisis de casos. *Revista Científica de Administración, Finanzas e Informática*, 10(1), 37-45.
- Deitel, P. J., y Deitel, H. M. (2020). *Java: How to Program, Early Objects* (11th ed.). Pearson.
- Elnagar, A. S., Khalifa, A., y Abbas, A. (2021). Developing mobile application using Android Studio. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 19(2), 76-85.
- Espressif Systems. (2021). ESP32 - Technical Reference Manual. Recuperado de https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf
- Espressif Systems. (2021). ESP32 Datasheet. Recuperado de https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- Espressif Systems. (2021). ESP32-WROOM-32D Datasheet. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32d_esp32-wroom-32u_datasheet_en.pdf
- Espressif. (2021). ESP32. Recuperado de <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/overview>

Flanagan, D., y McCarty, P. (2019). Java in a Nutshell: A Desktop Quick Reference (7th ed.).

O'Reilly Media.

Fong, K. N., y Au, S. K. (2017). Innovative rehabilitation technology: translation to clinical

practice. CRC Press.

Gosling, J., Joy, B., y Steele, G. (2019). The Java Language Specification, Java SE 11 Edition.

Addison-Wesley Professional.

Grunwald, D. (2018). Getting Started with ESP32: Build Powerful and Reliable IoT Projects.

O'Reilly Media.

Guo, Y., Chen, S., Chen, Y., Guo, W., y Chen, L. (2020). Development of a Sensor-Based

Intelligent Glove for Hand Rehabilitation. IEEE Sensors Journal, 20(12), 6558-6565.

<https://doi.org/10.1109/jsen.2020.2960489>

Gupta, R., Prakash, O., Kumar, A., y Kumar, P. (2020). Design and development of automated

rehabilitation system for finger rehabilitation using ESP32. Journal of Medical

Engineering y Technology, 44(5), 303-310. doi: 10.1080/03091902.2020.1733378

Gupta, S., Kumar, S., y Kumar, S. (2020). Development of a smart glove for rehabilitation of

hand function. Journal of Mechanical Engineering and Sciences, 14(4), 7228-7239.

Hernández, A. (2019). Desarrollo de aplicaciones para IoT con la placa ESP32. Universidad

Politécnica de Valencia.

Jangid, N., y Singh, D. (2018). Android Studio: A complete Android development tool.

International Journal of Computer Science Trends and Technology, 6(3), 131-134.

Leal, L. (2016). Impacto de la automatización en la producción de bienes y servicios. Revista de

Ciencias Económicas, 34(1), 93-105.

Lecheta, R. (2015). Android Studio Essentials. Packt Publishing Ltd.

- Lee, J., Lee, K., y Kim, Y. (2020). Development of a Wearable Robotic Glove for Index Finger Rehabilitation Using an ESP32 Microcontroller. *Sensors*, 20(18), 5304.
<https://doi.org/10.3390/s20185304>
- Li, X., Li, Z., Xu, X., Wang, Y., y Yang, X. (2019). Design of Intelligent Rehabilitation Glove Based on ESP32. 2019 IEEE 5th International Conference on Computer and Communications (ICCC). doi: 10.1109/compcomm.2019.8659696
- Ma, H., Li, X., y Yin, L. (2021). Design of a Finger Rehabilitation Device Based on ESP32. *Journal of Physics: Conference Series*, 1925(1), 012029. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1925/1/012029>
- Manfred, T. (2019). How to Use Android Studio for Beginners. Medium. Recuperado el 16 de febrero de 2023, de <https://medium.com/@tmanfredini/how-to-use-android-studio-for-beginners-1a1a79524d0a>
- Medrano, R. (2020). Programación de dispositivos electrónicos con la tarjeta ESP32. Universidad de San Buenaventura.
- Mehrholz, J., Hädrich, A., Platz, T., Kugler, J., y Pohl, M. (2012). Electromechanical and robot-assisted arm training for improving arm function and activities of daily living after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (6).
- Monk, S. (2016). *Programming Arduino: Getting Started with Sketches*. McGraw-Hill Education TAB.
- Morales, J. A., Villalobos, L. A., y Montoya, F. J. (2019). Desarrollo de un sistema automatizado para el riego y la fertilización en agricultura de precisión. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 11(2), 284-295.

- Noda, T., y Sato, T. (2016). Assistive technology for upper limb rehabilitation. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 36(5), 555-564.
- Official Arduino Website. (2021). Arduino IDE. <https://www.arduino.cc/en/software> MIT App Inventor. (n.d.). App Inventor. Recuperado el 16 de febrero de 2023, de <https://appinventor.mit.edu/>
- Oracle Corporation. (2021). Java. Recuperado el 16 de febrero de 2023, de <https://www.oracle.com/java/>
- Pantoja, D., Guzmán, J., y Calderón, E. (2019). Diseño y desarrollo de un guante inteligente para la rehabilitación de la mano. *Journal of Physics: Conference Series*, 1206(1), 012062. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1206/1/012062>
- Piron, L., Turolla, A., Agostini, M., Zucconi, C., Cortese, F., Zampolini, M., y Dam, M. (2014). Exercises for paretic upper limb after stroke: a combined virtual-reality and telemedicine approach. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 46(7), 621-626.
- Ramírez, M. (2018). Android Studio: Una Herramienta Esencial para los Desarrolladores de Apps. *Programacion.com*. Recuperado el 16 de febrero de 2023, de <https://www.programacion.com.py/escuela/android-studio-una-herramienta-esencial-para-los-desarrolladores-de-apps>
- Sabater-Navarro, J. M., Rios-Navarro, A. D., Ferrández-Vicente, J. M., García-Sánchez, J., y Jiménez-Fernández, S. (2020). Development of an Arduino-Based Low-Cost Hand Rehabilitation System. *Applied Sciences*, 10(14), 4825. <https://doi.org/10.3390/app10144825>

- Sahu, A., Chakraborty, S., Ghosh, R., y Das, A. (2019). An efficient design and implementation of an electronic glove for hand rehabilitation. *Journal of medical systems*, 43(3), 50.
<https://doi.org/10.1007/s10916-019-1169-6>
- Sanchez, G., y Cortés, R. (2019). Developing mobile applications using app inventor: An experience report. In *Proceedings of the 14th Ibero-American Conference on Software Engineering* (pp. 33-42).
- Singh, P. K., Singh, S., y Jha, S. (2017). Robotic system for surgery: A review of literature. *International Journal of Robotics Applications and Technologies*, 5(2), 1-6.
- Verma, S. (2020). *Android Application Development: A Beginner's Guide*. McGraw Hill Professional.
- Wang, S., Yang, Z., y Wang, Y. (2019). Air quality monitoring system based on ESP32. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(1), 356-363.
doi: 10.14569/IJACSA.2019.0100149
- Wolber, D., Abelson, H., y Spertus, E. (2011). *App Inventor for Android*. O'Reilly Media, Inc.
- Wolber, D., Abelson, H., Spertus, E., y Looney, L. (2011). *App inventor for Android: create your own Android apps*. O'Reilly Media, Inc.
- Wu, C., Liu, Y., Yang, H., Lin, K., y Wu, M. (2019). Development of a Portable Finger Rehabilitation System Using an IoT-Based Continuous Passive Motion Machine. *Applied Sciences*, 9(13), 2763. doi: 10.3390/app9132763
- Wu, Y., Chen, Y., Yang, J., y Chen, W. (2019). Design and Control of a Soft Exoskeleton Glove for Hand Rehabilitation. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 24(1), 257-266.

Yang, F., Sun, H., Huang, W., Liu, W., Hu, H., y Lu, Y. (2020). Flexible Glove-Based Rehabilitation Device for Stroke Patients. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 28(3), 729-738. doi: 10.1109/TNSRE.2020.2971799

Anexos

Anexo 1

Espacio de trabajo



Nota. Lugar de desarrollo del proyecto práctico de la modificación del módulo del guante neumático.

Anexo 2

Construcción de Exoesqueleto Parte I



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 3*Construcción de Exoesqueleto Parte II*

Nota. Desarrollo propio.

Anexo 4*Construcción de Exoesqueleto Parte III*

Nota. Desarrollo propio.

Anexo 5

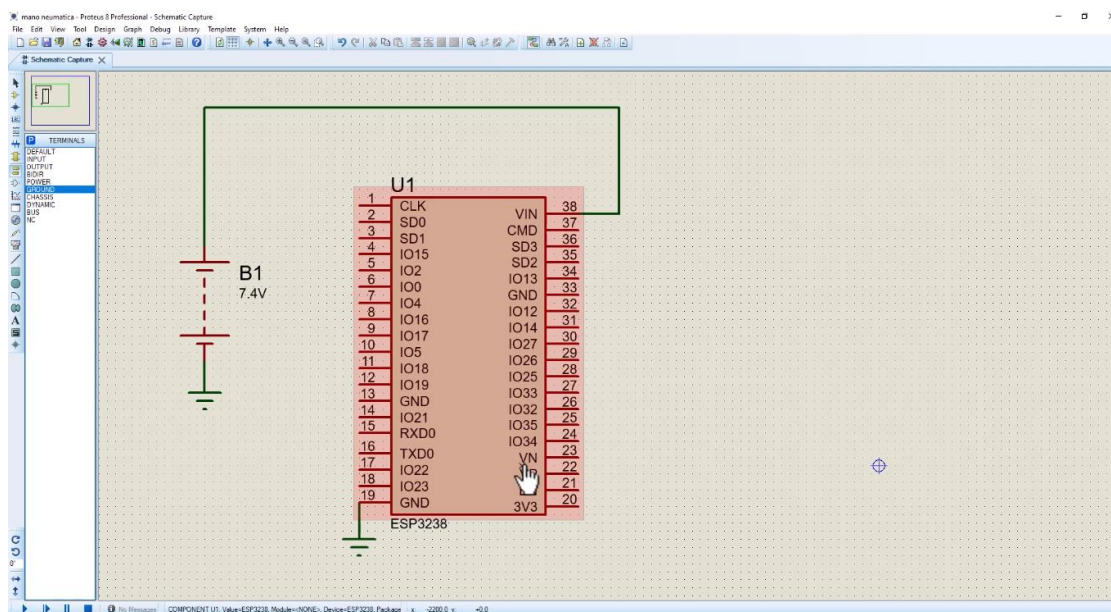
Construcción de Exoesqueleto Parte IV



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 6

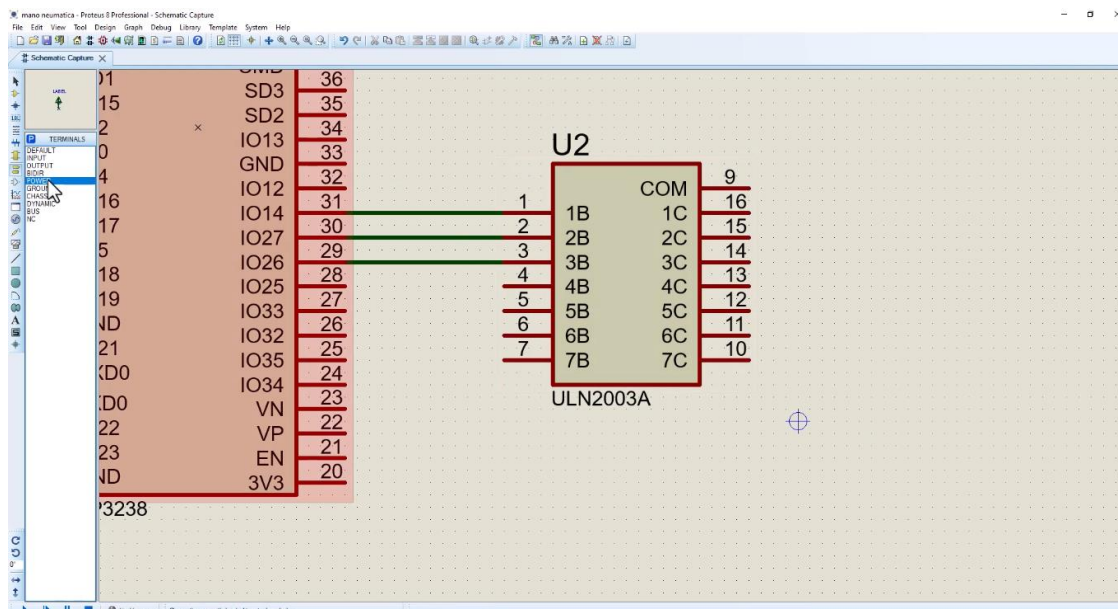
Construcción de Nueva Placa de Funcionamiento en Proteus Parte I



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 7

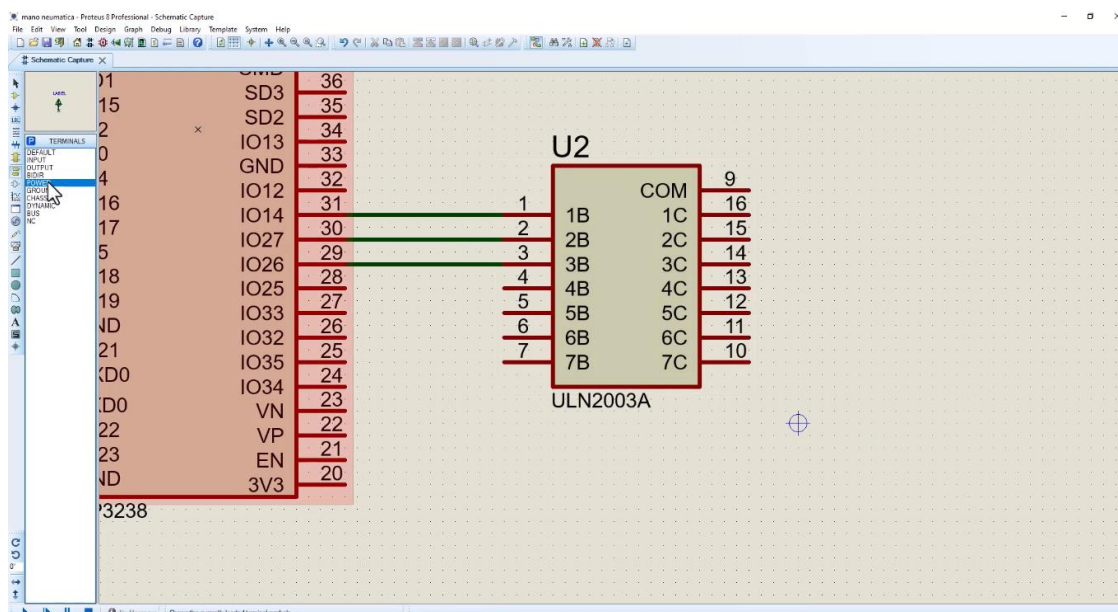
Construcción de Nueva Placa de Funcionamiento en Proteus Parte II



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 8

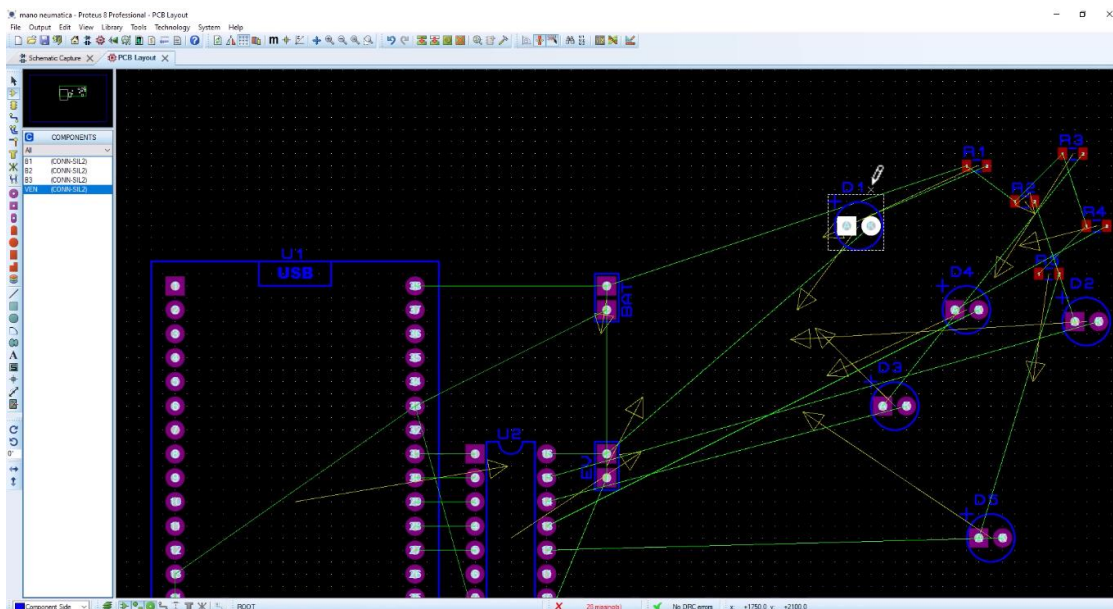
Construcción de Nueva Placa de Funcionamiento en Proteus Parte III



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 11

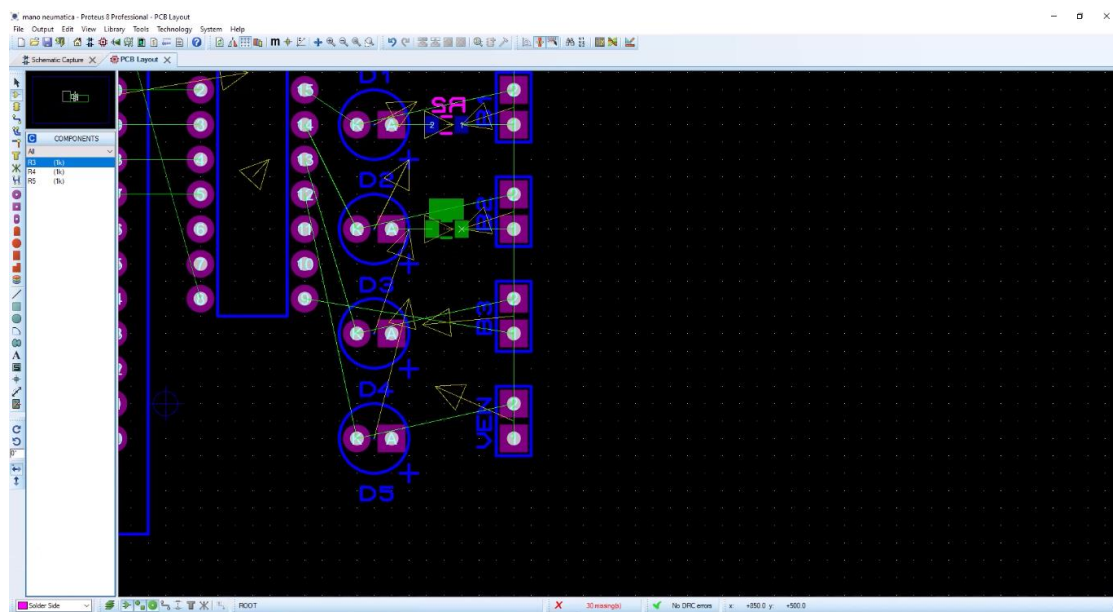
Construcción de Nueva Placa de Funcionamiento en Proteus Parte VI



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 12

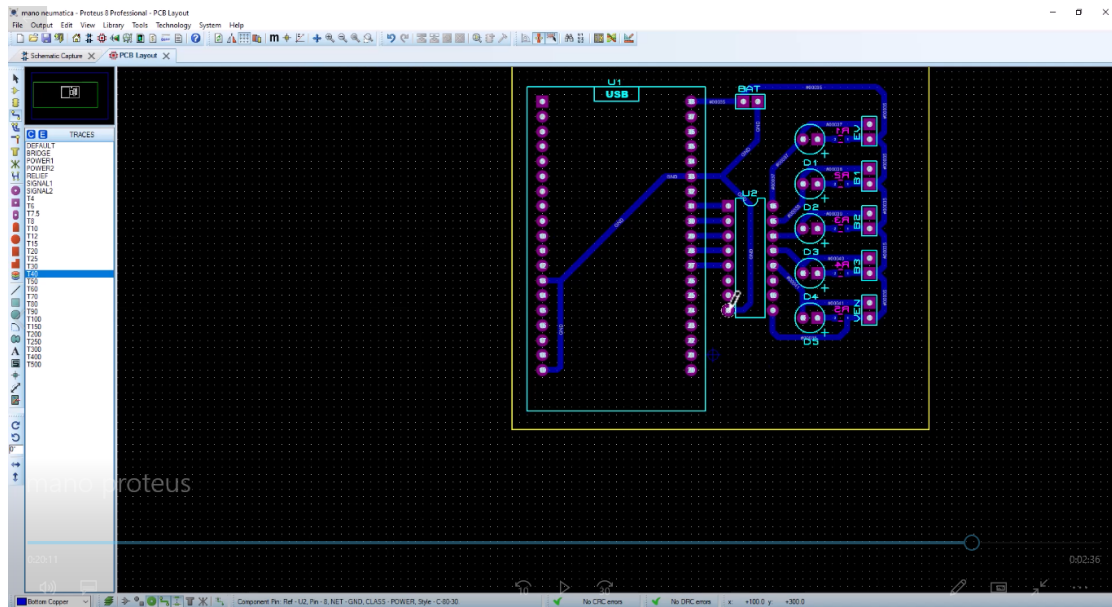
Construcción de Nueva Placa de Funcionamiento en Proteus Parte VII



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 13

Construcción de Nueva Placa de Funcionamiento en Proteus Parte VIII



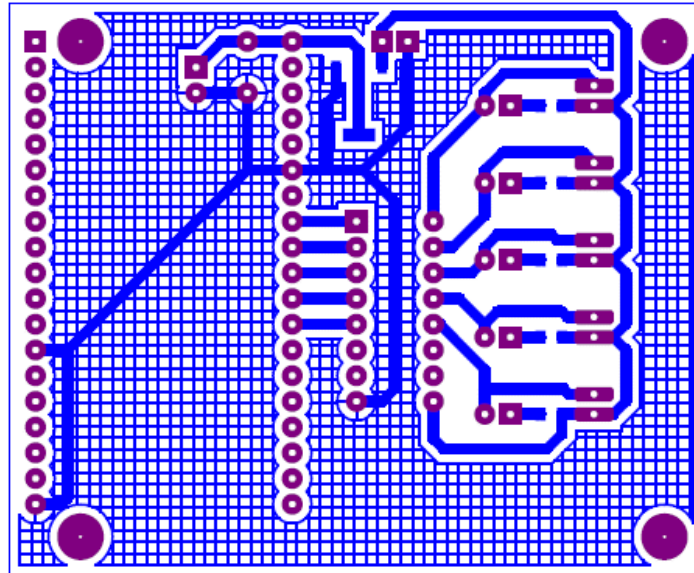
Nota. Desarrollo propio.

Anexo 14

Desmontaje y Construcción de Placa Nueva



Nota. Modificaciones de la placa el desarrollo de las pruebas de funcionamiento con la tarjeta electrónica ESP32.

Anexo 15*Diseño de Placa de Control del Guante*

Nota. Desarrollo propio.

Anexo 16*Construcción de Caja de Control Neumático Parte I*

Nota. Desarrollo propio.

Anexo 17*Construcción de Caja de Control Neumático Parte II*

Nota. Desarrollo propio.

Anexo 18*Construcción de Caja de Control Neumático Parte III*

Nota. Desarrollo propio.

Anexo 19

Construcción de Caja de Control Neumático Parte IV



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 20

Programación de la tarjeta ESP32 con los comandos de voz establecidos

```
#include <Servo.h>
```

```
#include "BluetoothSerial.h"
```

```
Servo servo1;
```

```
Servo servo2;
```

```
Servo servo3;
```

```
Servo servo4;
```

```
Servo servo5 ;
```

```
#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
```

```
#error Bluetooth is not enabled! Please run `make menuconfig` to and enable it  
#endif
```

```
BluetoothSerial SerialBT;
```

```
#define b1 14
```

```
#define b2 27
```

```
#define b3 26
```

```
#define ev 25
```

```
#define ve 33
```

```
int v=0;
```

```
char dato=0;
```

```
int modo=0;
```

```
int numero=0;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(115200);
```

```
  SerialBT.begin("mano bt");
```

```
  pinMode(b1,OUTPUT);
```

```
  pinMode(b2,OUTPUT);
```

```
  pinMode(b3,OUTPUT);
```

```
  pinMode(ev,OUTPUT);
```

```
  pinMode(ve,OUTPUT);
```

```
digitalWrite(ve,HIGH);
```

```
servo1.attach(2);
```

```
servo2.attach(4);
```

```
servo3.attach(16);
```

```
servo4.attach(17);
```

```
servo5.attach(5);
```

```
servo1.write(40);
```

```
servo2.write(40);
```

```
servo3.write(40);
```

```
servo4.write(40);
```

```
servo5.write(40);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
  if (SerialBT.available())
```

```
  {
```

```
    dato=SerialBT.read();
```

```
    Serial.print(dato);
```

```
    Serial.print(" ");
```

```
Serial.print(modo);

if(dato=='b' && modo==1)

{

  if(numero==0) servo1.write(89);

  if(numero==1) servo2.write(89);

  if(numero==2) servo3.write(89);

  if(numero==3) servo4.write(89);

  if(numero==4) servo5.write(89);

  digitalWrite(b1,HIGH);

  digitalWrite(ev,HIGH);

  delay(4000);

  digitalWrite(b1,LOW);

  Serial.println("cerrar");

  servo1.write(40);

  servo2.write(40);

  servo3.write(40);

  servo4.write(40);

  servo5.write(40);

  numero++;

  if(numero>4) numero=0;

}

if(dato=='a' & modo==1)
```

```
{  
  if(numero==0) servo1.write(89);  
  if(numero==1) servo2.write(89);  
  if(numero==2) servo3.write(89);  
  if(numero==3) servo4.write(89);  
  if(numero==4) servo5.write(89);  
  
  digitalWrite(b2,HIGH);  
  digitalWrite(b3,HIGH);  
  digitalWrite(ev,LOW);  
  delay(4000);  
  digitalWrite(b2,LOW);  
  digitalWrite(b3,LOW);  
  Serial.println("abrir");  
  servo1.write(40);  
  servo2.write(40);  
  servo3.write(40);  
  servo4.write(40);  
  servo5.write(40);  
  numero++;  
  if(numero>4) numero=0;  
}  
  
if(dato=='d')
```



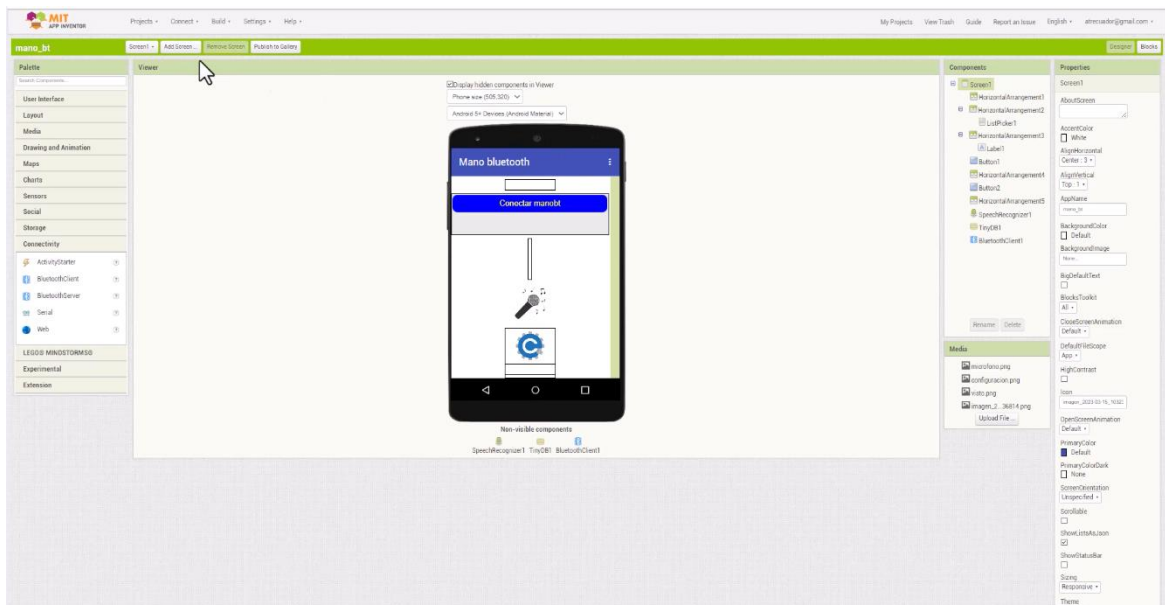
```
{  
  modo=0;  
  Serial.println("desactivar");  
}
```

```
if(dato=='c')  
{  
  modo=1;  
  Serial.println("activar");  
  servo1.write(89);  
  servo2.write(89);  
  servo3.write(89);  
  servo4.write(89);  
  servo5.write(89);  
  for(v=0;v<10;v++)  
  {  
    //abrir cerrar  
    digitalWrite(b1,HIGH);  
    digitalWrite(ev,HIGH);  
    delay(4000);  
    digitalWrite(b1,LOW);  
    Serial.println("cerrar");  
  }  
}
```

```
digitalWrite(b2,HIGH);  
digitalWrite(b3,HIGH);  
digitalWrite(ev,LOW);  
delay(4000);  
digitalWrite(b2,LOW);  
digitalWrite(b3,LOW);  
Serial.println("abrir");  
}  
  
servo1.write(40);  
servo2.write(40);  
servo3.write(40);  
servo4.write(40);  
servo5.write(40);  
}  
}  
}
```

Anexo 21

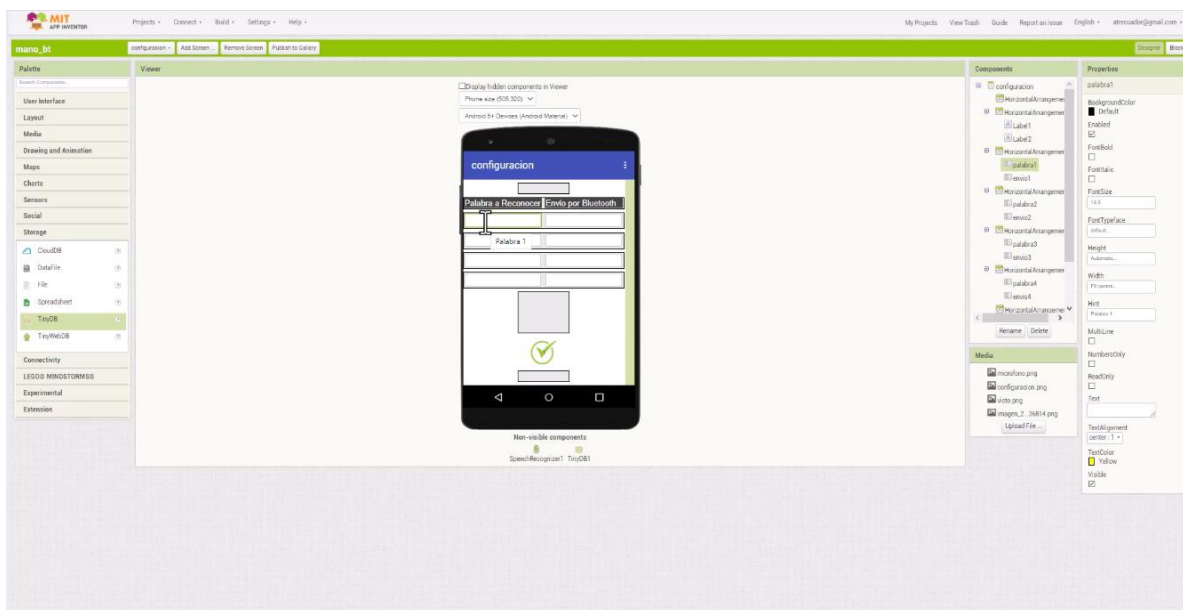
Desarrollo en App Inventor Parte I



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 22

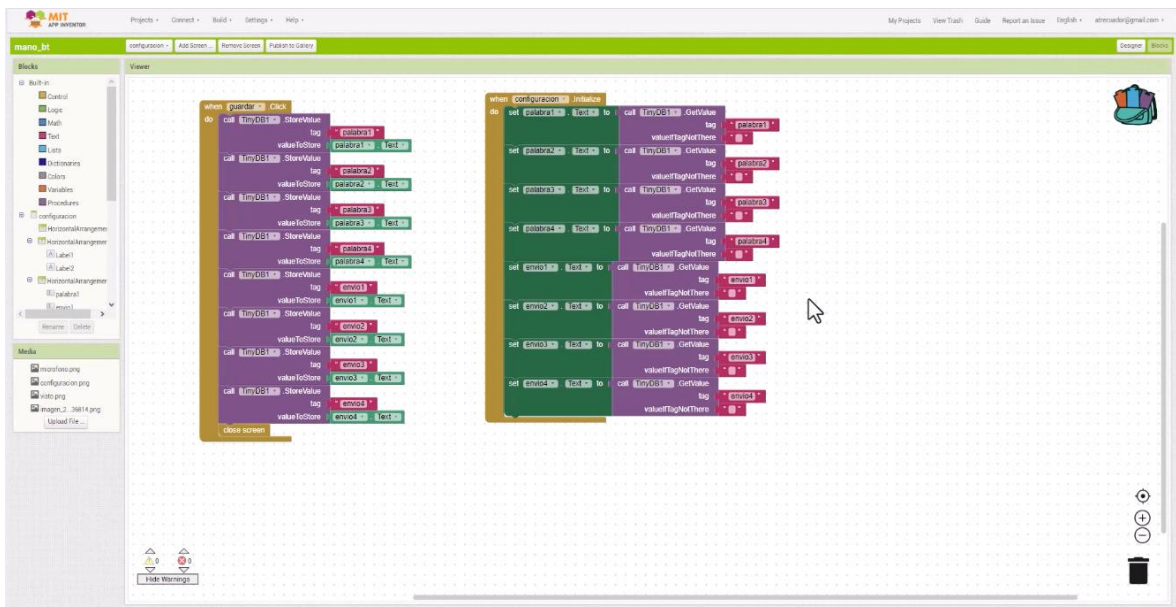
Desarrollo en App Inventor Parte II



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 23

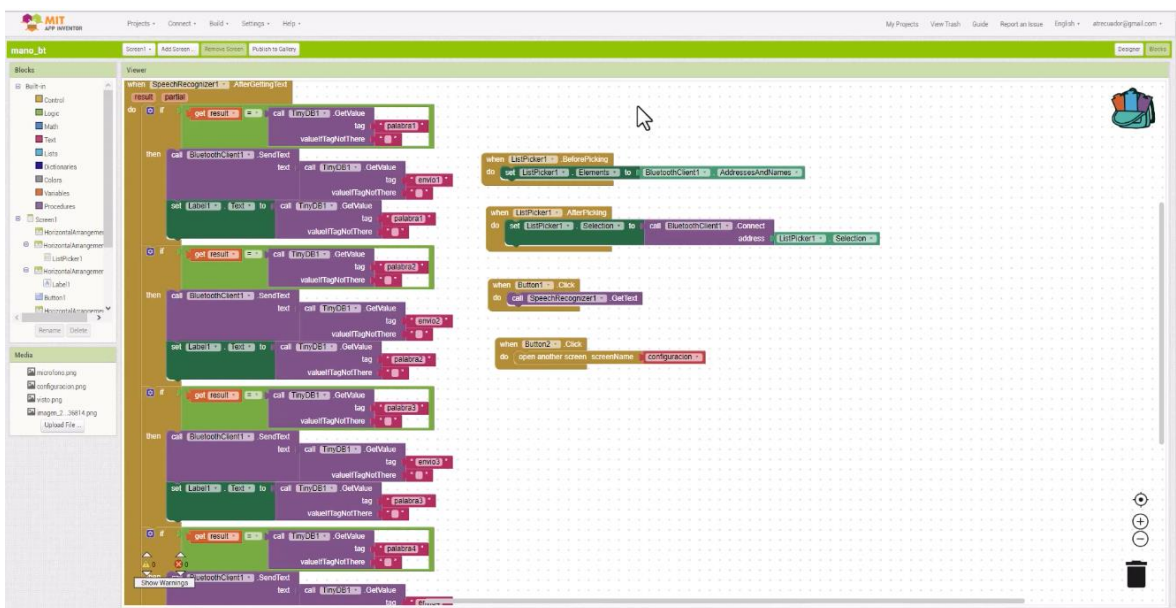
Desarrollo en App Inventor Parte III



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 24

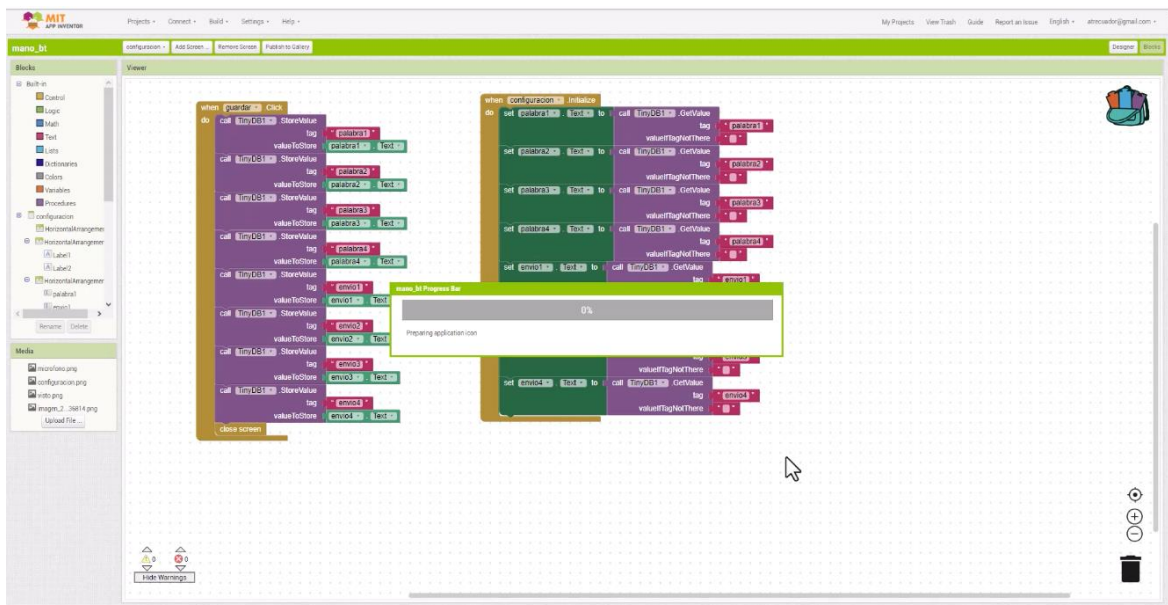
Desarrollo en App Inventor Parte IV



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 25

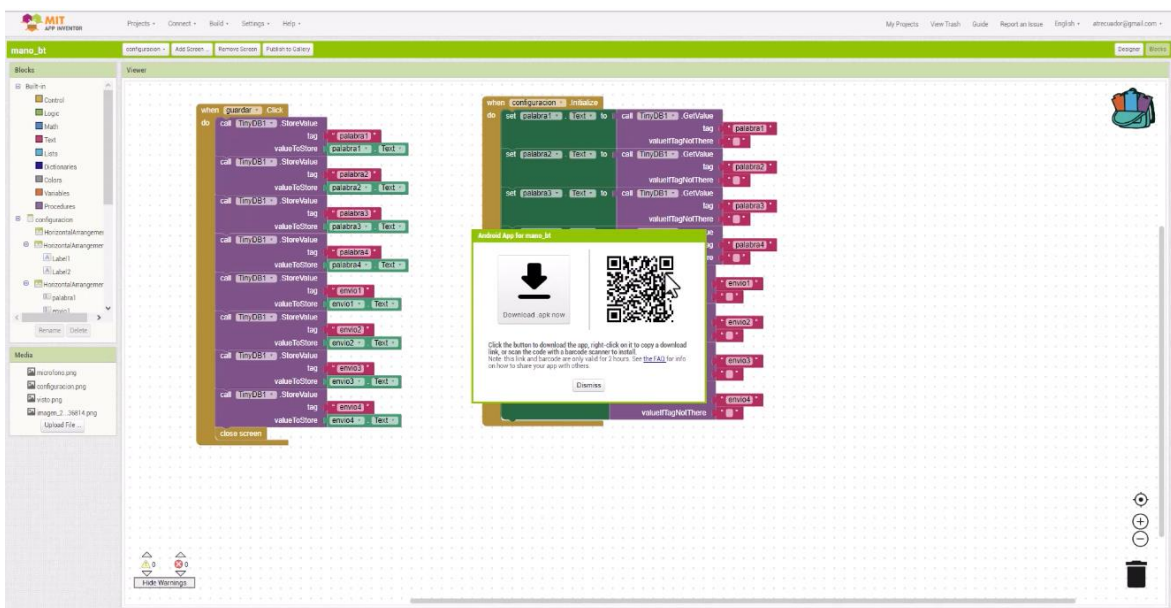
Desarrollo en App Inventor Parte V



Nota. Desarrollo propio.

Anexo 26

Desarrollo en App Inventor Parte VI



Nota. Desarrollo propio.