

Diseño y evaluación de un sistema domótico controlado a través de parpadeos y control de voz para pacientes con movilidad reducida de diversas patologías

Arturo Daza, Wolfam Diaz
Fundación Universitaria Konrad Lorenz

Resumen—Este paper explora el uso de la domótica como solución tecnológica para mejorar la calidad de vida de las personas con movilidad reducida y discapacidad motora, incluyendo enfermedades neurológicas degenerativas como la ELA. El objetivo es desarrollar una interfaz domótica accesible y amigable, controlada por comandos de voz o parpadeos con el algoritmo EAR. Se evalúa la precisión del sistema en diferentes condiciones. La investigación busca ofrecer soluciones tecnológicas que promuevan la independencia y bienestar de las personas con discapacidad motora.

I. INTRODUCCIÓN

La domótica es el conjunto de tecnologías que permiten automatizar y controlar los dispositivos de una vivienda. Su aplicación puede tener un impacto significativo en la calidad de vida de las personas con movilidad reducida y discapacidad motora, incluyendo aquellas que padecen enfermedades neurológicas degenerativas como la Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA).

Estas personas enfrentan desafíos para llevar a cabo actividades cotidianas y experimentan dependencia en su entorno hogareño. Abrir puertas, encender luces y realizar tareas básicas puede convertirse en tareas difíciles o incluso imposibles. Para abordar esta problemática, es crucial desarrollar soluciones que les permitan interactuar con su entorno de forma independiente.

Una alternativa prometedora es la implementación de sistemas de domótica controlados por comandos de voz. Mediante el uso de tecnologías como JavaScript, HTML y CSS para desarrollar la interfaz de usuario, junto con microcontroladores como Arduino para simular el funcionamiento del sistema, es posible crear una interfaz domótica accesible y amigable para las personas con movilidad reducida y discapacidad motora.

Además, se pueden incorporar funcionalidades adicionales, como el reconocimiento facial en la entrada del hogar para identificar a las personas y mascotas, y notificar al propietario. Esto contribuye a mejorar la seguridad y brinda mayor tranquilidad a los usuarios.

[1]Este estudio se enfoca en diseñar e implementar una interfaz domótica que permita controlar dispositivos del hogar mediante comandos de voz o mediante parpadeos, utilizando el algoritmo EAR (Eye Aspect Ratio) para detectar los parpadeos

de los ojos. Esta innovadora solución tecnológica tiene como objetivo proporcionar a las personas con discapacidad motora y a aquellos que padecen enfermedades como la ELA una mayor independencia y la capacidad de controlar su entorno doméstico de manera accesible.

A través de una metodología experimental, se evaluará la precisión y fiabilidad del sistema en diferentes condiciones de iluminación y con diferentes usuarios. Este estudio busca contribuir al desarrollo de soluciones tecnológicas accesibles e innovadoras que mejoren la calidad de vida de las personas con discapacidad motora y enfermedades neurológicas degenerativas.

II. ANTECEDENTES

■ Resultados exploratorios

II-A. Query Exploratoria

Para esta query se utilizaron los términos pertinentes para el tema a tratar (asistencia domótica para enfermos con ELA), como la domótica, la salud y el hogar, y se aplicaron filtros, obteniendo así 1822 resultados.

```
(TITLE-ABS-KEY ( home AND automation ) OR TITLE-ABS-KEY ( domotic AND systems ) OR TITLE-ABS-KEY ( smart AND home ) AND TITLE-ABS-KEY ( health OR care OR disease ) ) AND PUBYEAR > 2020 AND PUBYEAR < 2024 AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "COMP" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MEDI" ) )
```

Figura 1. Query Exploratoria.

II-B. Análisis de Título

Al revisar los títulos de los artículos observamos que existen tres términos muy generales los cuales no son relevantes para esta investigación, estos son Using", "Based", "Things".

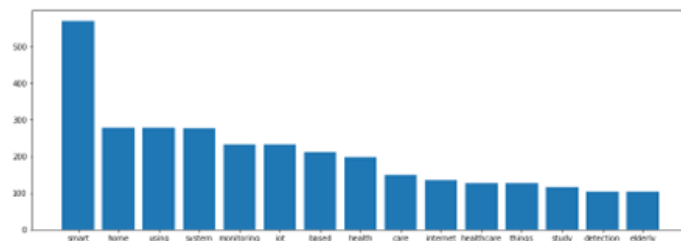


Figura 2. Diagrama de barras Análisis título

III-B. Específicos

- Adaptar el algoritmo EAR a Python para detectar y contar los parpadeos del usuario.
- Generar la conexión de la aplicación con un Arduino para controlar los dispositivos (luz, puertas, ventanas).
- Diseñar y desarrollar el circuito electrónico y el programa de control para el sistema de control domótico.
- Seleccionar los componentes para la interfaz de comando de voz, incluyendo micrófono, altavoces y módulos de reconocimiento de voz.
- Diseñar y desarrollar una interfaz gráfica en HTML, CSS Y JavaScript que sea interactiva con las acciones del usuario.
- Comparar la efectividad de la interfaz domótica basada en parpadeos con otros dispositivos de asistencia.

IV. PROBLEMA

El uso de una interfaz domótica controlada por parpadeos es una solución prometedora para mejorar la autonomía de las personas con ELA. Sin embargo, existen desafíos técnicos que deben ser superados para garantizar su efectividad. En particular, es necesario adaptar el algoritmo EAR. Este algoritmo requiere de una cámara que capture las imágenes de la cara del usuario y de un procesador que ejecute los cálculos necesarios. Sin embargo, el Arduino tiene limitaciones en cuanto a la memoria y la velocidad de procesamiento, lo que dificulta su adaptación al algoritmo EAR. Además, el sistema debe ser capaz de detectar los parpadeos en condiciones de poca luz, lo que implica un mayor desafío para la captura y el procesamiento de las imágenes. Finalmente, el sistema debe poder controlar diferentes dispositivos domóticos según las preferencias del usuario y compararse con otros dispositivos de asistencia existentes.

Para abordar este problema, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo se puede adaptar el algoritmo EAR al Arduino para enviar señales a los dispositivos domóticos?
- ¿Cómo se puede mejorar la precisión y la robustez del sistema en condiciones de poca luz para evitar falsos positivos o negativos?
- ¿Cuál es la efectividad de la interfaz domótica basada en parpadeos en comparación con otros dispositivos de asistencia?

Se espera que las respuestas a estas preguntas permitan alcanzar los objetivos del trabajo y contribuyan al desarrollo de soluciones tecnológicas accesibles y efectivas para personas con ELA.

V. RESULTADOS

- Tecnologías usadas y su relación
Las tecnologías usadas en el proyecto corresponden a JavaScript, CSS, HTML y Python, donde a continuación se explicará su uso dentro de la aplicación.
El ochenta por ciento de las funcionalidades de la aplicación se han implementado utilizando el lenguaje de programación JavaScript, el cual se ha conectado con CSS para otorgar estilos y animaciones a las diversas

acciones en función de los comandos utilizados. Por otro lado, se ha empleado el framework Flask y MySQL Connector de Python para conectar una base de datos con el fin de permitir el almacenamiento de las configuraciones personalizadas de cada usuario, en caso de que se desee ampliar la aplicación en el futuro.

En la base de datos se han generado dos tablas: la primera corresponde a los nombres de los espacios del apartamento, mientras que la segunda almacena las configuraciones predeterminadas que el usuario desea. Finalmente, se ha utilizado Flask para renderizar las plantillas donde las configuraciones se activan o desactivan en función de las preferencias del usuario.

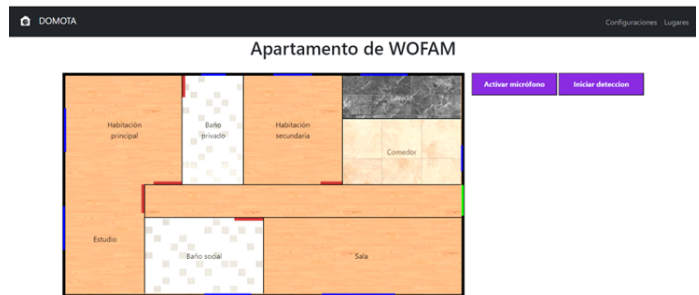


Figura 6. Interfaz Principal de la aplicación

En la Figura 4 se puede observar la interfaz principal de la aplicación que muestra el plano del apartamento propuesto, el cual cumple con las indicaciones de espacio establecidas. En esta interfaz se encuentran dos botones; al presionar el botón de la izquierda, la aplicación iniciará la función de reconocimiento de voz para permitir al usuario solicitar los comandos deseados en ese momento. En esta se podrá observar visualmente con cambios en el apartamento el comando seleccionado, si el usuario requiere abrir una puerta esta animación se observará en la interfaz.

Por otro lado, el botón derecho permite la conexión de la cámara que se encuentra ubicada en el exterior del apartamento para que el usuario pueda tener conocimiento de lo que sucede fuera del mismo, con funcionalidades que se abordarán más adelante.



Figura 7. Configuración funcionamiento aplicación

La presente aplicación cuenta con una interfaz de configuración a la cual se accede mediante la pulsación de un

botón ubicado en la parte superior derecha de la pantalla. Esta interfaz permite al usuario modificar las funcionalidades de la aplicación, otorgándole total autonomía y capacidad de personalización. Entre las variables de acceso que el usuario podrá controlar se encuentran aquellas relacionadas con la configuración de la aplicación y el manejo de sus distintas herramientas y funcionalidades. De esta forma, se busca brindar una experiencia de usuario satisfactoria y adaptada a las necesidades individuales de cada usuario.

1. Interacción con puertas.
2. Interacción con ventanas.
3. Interacción con luces.
4. Detección de objetos.

Los módulos disponibles permiten al usuario seleccionar el estado en el que se encuentren de acuerdo con las necesidades y condiciones del cliente.



Figura 8. Configuración lugares del hogar

En esta sección de la configuración de la aplicación se brinda al usuario la oportunidad de personalizar su entorno virtual. A pesar de que el requerimiento inicial era un apartamento de tres habitaciones, dos baños y espacios sociales, cada persona tiene la libertad de nombrar sus espacios personales como mejor le parezca. Por este motivo, se ofrece la opción de que el usuario pueda nombrar cada habitación con el nombre que desee, garantizando que dicho nombre será reconocido cuando se utilice el control por voz.



Figura 9. Detección de personas en cámara

En la interfaz principal de la aplicación, al activar el botón de detección, la cámara se encenderá y comenzará a detectar personas y/o mascotas. Cuando se detecte algo, aparecerá un mensaje en el centro de la interfaz gráfica indicando que la

cámara está en uso, y también se notificará al usuario a través de una voz en la interfaz.

V-A. Funcionamiento interfaz

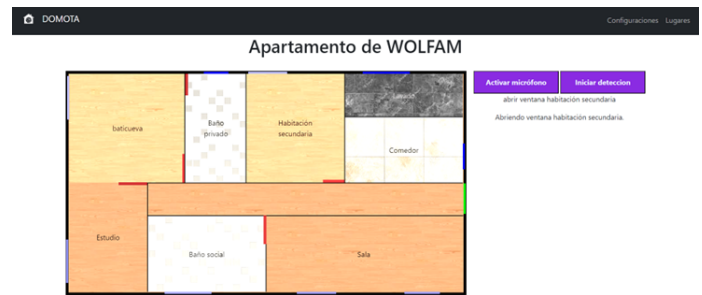


Figura 10. Detección de personas en cámara

En esta imagen, se muestra el funcionamiento completo de una interfaz que cambia de estilo y animaciones en función de los comandos indicados. Es evidente que las habitaciones superiores tienen la luz encendida, mientras que las habitaciones inferiores están oscuras, lo que muestra cómo cambia el estilo de la interfaz.

Al indicar el comando "Abrir ventana" para cualquiera de las habitaciones, la ventana se vuelve transparente. Este efecto se puede apreciar estáticamente, pero solo se puede observar plenamente una vez que se ejecuta el comando, lo que hace que la ventana se desplace. El mismo comportamiento se puede observar en las puertas, que giran sobre su eje para indicar si están abiertas o cerradas.

V-B. Interfaz Python conteo Parpados



Figura 11. Detección parpados

La dinámica de la interfaz del parpadeo es la siguiente: al iniciar la detección de parpadeos, lo primero que seleccionará el usuario será el lugar. Para esta selección, el usuario dispondrá de 4 segundos. La forma de seleccionar es la siguiente: tres parpadeos para la habitación principal, cuatro parpadeos para la secundaria y así sucesivamente.

Una vez que se haya detectado el lugar, el tiempo vuelve a cero y se repite el proceso para seleccionar el objeto de la habitación, ya sea una ventana, puerta o luz. Este mismo procedimiento se repite para todos los comandos.

Es importante destacar que esta interfaz de parpadeo se basa en el uso del músculo del párpado como medio de control, brindando a las personas con ELA una forma alternativa de interactuar con su entorno doméstico. La detección y asignación de parpadeos a lugares y objetos específicos permite una mayor precisión en el control y facilita la comunicación de los comandos deseados.

La implementación de esta dinámica en la interfaz busca optimizar la experiencia del usuario, ofreciendo una manera intuitiva y eficiente de seleccionar y controlar los elementos del hogar. Con la adecuada configuración y entrenamiento, se espera que esta solución mejore la autonomía y calidad de vida de las personas con movilidad reducida o dificultades para comunicarse verbalmente.

V-C. Costes estimados de la aplicación

Al ser este un proyecto diseñado para una fundación, es de vital importancia calcular el costo aproximado de la implementación del mismo. Las indicaciones iniciales solicitan la creación de una aplicación para controlar un hogar con las siguientes características: tres habitaciones, dos baños, zona social y zona de lavados. A continuación, se presentan los productos recomendados para su instalación.

- Motor de apertura para Ventanas - **987.000**



Figura 12. Motor apertura Ventanas

- Motor Inteligente Wifi Cortinas - **397.000**



Figura 13. Motor apertura Ventanas

- Modulo Wifi Arduino - **20.000**

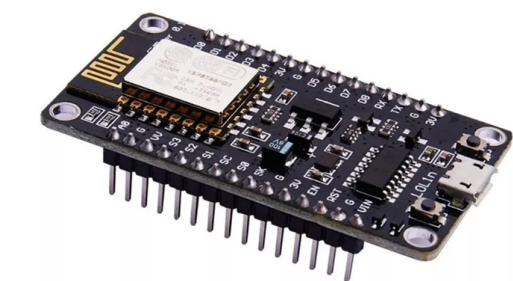


Figura 14. Modulo Wifi Arduino

- Modulo Arduino Mega- **75.000**

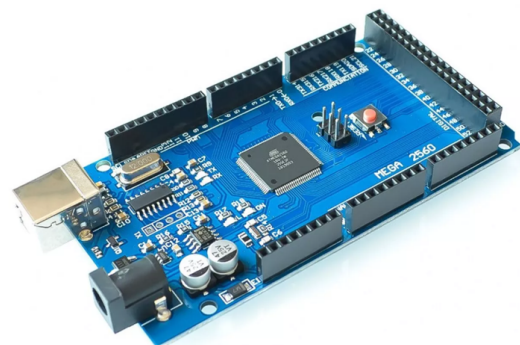


Figura 15. Arduino MEga



Figura 16. Bombillo Wifi

- Modulo Wifi Rele **25.000**



Figura 17. Rele Wifi

- Motor puertas- **1'450.000**



Figura 18. Motor puertas

Se realizó la selección de los siguientes componentes teniendo en cuenta el costo calidad-precio, así como la funcionalidad y su aporte al proyecto. Todos los componentes se manejan

con tecnología Wi-Fi, ya que es la más óptima para la comunicación entre el Arduino y el dispositivo final. Para los motores de las puertas y ventanas, se requiere realizar una conexión eléctrica mediante relés. Por lo tanto, se implementarán módulos de relé Wi-Fi para ser controlados desde el Arduino.

Realizando un supuesto, el costo total de los implementos necesarios para la automatización sería el siguiente:

- 5 Motores para puertas: **5*1'450.000 = 7'250.000**
- 7 Motores para Ventanas: **7*987.000 = 6'909.000**
- 12 Modulos Rele wifi : **12*25.000 = 300.000**
- 1 Arduino Mega: **75.000**
- 10 Bombillos Wifi **10*40.000 =400.000**
- 3 Motores Wifi para cortinas **3*397.000 = 1'191000**

Es importante tener en cuenta que estos costos son estimados y pueden variar según la marca, modelo y proveedor de los productos seleccionados. Además, se deben considerar otros gastos adicionales, como los cables eléctricos, herramientas de instalación y posibles costos de mano de obra.

Realizar un análisis detallado de los costos y buscar opciones de compra que se ajusten al presupuesto disponible es fundamental para garantizar la viabilidad financiera del proyecto y aprovechar al máximo los recursos asignados.

VI. CONCLUSIONES

En conclusión, la implementación de una interfaz domótica basada en comandos de voz y parpadeos, utilizando tecnologías como JavaScript, HTML, CSS, Python y Arduino, ha demostrado ser una solución técnica efectiva y altamente beneficiosa para mejorar la calidad de vida de las personas con movilidad reducida y discapacidad motora. La combinación de estos dos métodos de interacción proporciona a los usuarios la libertad de elegir la forma que mejor se adapte a sus necesidades individuales, brindándoles mayor independencia y autonomía en el control de su entorno doméstico.

La importancia del diseño y desarrollo de una interfaz gráfica de usuario intuitiva y fácil de usar ha sido fundamental en este proyecto. La organización y presentación clara de los comandos, junto con la información visual mostrada en pantalla, contribuyen a una experiencia de usuario óptima y satisfactoria.

La aplicación desarrollada ha demostrado un rendimiento excelente, ofreciendo una respuesta rápida y una comunicación estable entre los dispositivos del hogar y el usuario. La integración de la comunicación serial ha facilitado el control y la automatización eficiente de los elementos domóticos.

Es importante destacar que esta solución es viable a nivel internacional, con un costo total aproximado de 3000 USD, lo que la convierte en una alternativa asequible para mejorar la calidad de vida de las personas que la necesitan. Sin embargo, también reconocemos que existen personas con recursos limitados, por lo que se explorarán diferentes opciones de financiamiento para garantizar que esta tecnología esté al alcance de todos aquellos que podrían beneficiarse de ella.

VII. REFERENCIAS

- 1 M. A. Pascual y col., "Esclerosis lateral amiotrófica (ELA): seguimiento clínico y neurofisiológico", Neurología Argentina, vol. 6(2), pp. 81-87 (2014).

- 2 J. A. Gómez-Rodríguez y J. A. Sánchez-Castro, “Detección de parpadeos mediante EAR (Eye Aspect Ratio) para controlar dispositivos domóticos,” Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Ingenierías Eléctrica Electrónica y Ciencias de la Computación Programa Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones Pereira 2019 [en línea]. Disponible: <https://repositorio.utp.edu.co/bitstreams/750d0e00-fa69-4fb6-8eed-7bb48d71c64b/download> [Accedido: 20-Mar.-2023].
- 3 F. Velasco-Álvarez et al., “Brain-computer interface (BCI)-generated speech to control domotic devices”, Neurocomputing, vol. 467, no. 1-4, pp. 1-9, 2022.
- 4 B. Luu et al., “Scalable Smart Home Interface using Occipitalis sEMG Detection and Classification”, 2018 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC), pp. 3629-3634, 2018.