

Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas

## DESARROLLAR UNA APLICACIÓN PARA MEDIR EL MOVIMIENTO DE LOS OJOS USANDO INTELIGENCIA ARTIFICIAL CON EL FIN DE ANALIZAR LAS DIFICULTADES COGNITIVAS

*The Develop an application to measure eye movement using artificial intelligence to analyze cognitive difficulties*

*Desenvolver um aplicativo para medir o movimento dos olhos usando inteligência artificial para analisar dificuldades cognitivas*

**Laura Marcela Roa Gutiérrez**  
Corporación Universitaria UNITEC  
Ingeniería de sistemas  
68192512@unitec.edu.co  
Colombia

**Carlos Andrés López Carrillo**  
Corporación Universitaria UNITEC  
Ingeniería de sistemas  
68181512@unitec.edu.co  
Colombia

**Recepción:** 12.05.2023

**Aceptación:** 18.08.2023

### Cómo citar

Roa Gutiérrez, LM.; López Carrillo, C.A. (2023) *Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas*. Revista NeoScientia, 1 (1). URL: <https://iniciacioncientifica.com/editorial/index.php/neoscientia/index>

## Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas

### Resumen

El proyecto se desarrolla dentro del marco de estudio de la Inteligencia Artificial. Consiste en estudiar la viabilidad del uso de algoritmos de redes neuronales para medir el movimiento ocular, así obtener una captura de datos que posteriormente se puedan recopilar y estudiar con el fin de analizar diferentes dificultades cognitivas.

Como punto de partida para nuestra investigación, se pretende comprobar si es posible traducir en datos útiles la detección del movimiento de los ojos capturado a través de la cámara de un teléfono móvil convencional, interpretarlo por medio de una aplicación de Inteligencia Artificial, y así poder generar posteriormente un estudio de datos para analizar diferentes dificultades cognitivas como el trastorno del espectro autista (TEA). (Bonilla, 2016)

### Palabras clave

Aplicación, Dificultades cognitivas, Inteligencia Artificial, JavaScript

### Abstract

The project is developed within the study framework of Artificial Intelligence. It consists of studying the feasibility of using neural network algorithms to measure eye movement, thus obtaining data capture that can later be collected and studied to analyze different cognitive difficulties.

As a starting point for our research, we intend to verify if it is possible to translate the detection of eye movement captured through the camera of a conventional mobile phone into useful data, interpret it through an Artificial Intelligence application, and thus be able to subsequently generate a data study to analyze different cognitive difficulties such as autism spectrum disorder (ASD). (Bonilla, 2016)

### Key words

Application, Cognitive difficulties, Artificial Intelligence, JavaScript

## INTRODUCCIÓN

En el 2006 la universidad de Monterrey, Ciudad de México, se realizó un proyecto para el modelamiento ocular mediante el uso de Inteligencia artificial, en el cual se estudió la anatomía del ojo, el funcionamiento del movimiento ocular; y, elementos, ventajas y características de una red neuronal. Como resultado de la investigación se obtuvo un prototipo en el cual se utilizaron las herramientas de Matlab para la recolección de datos, LabVIEW para generar una función de membresía de tipo triangular a partir de los datos obtenidos, y la construcción física de un musculo eléctrico que simula el movimiento ocular.

**Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas**

En el 2019 Martín Guillermo y Matilde Isabel, de Colombia, publicaron el artículo Relación de los movimientos oculares sacádicos y la comprensión lectora con el déficit de atención e hiperactividad (TDAH) en el cual se realizó una encuesta a un número de niños con y sin TDAH para analizar una valoración normal, moderada o severa de acuerdo a los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas a los niños; sin embargo, se pudo observar que no existen diferencias significativas en el análisis de los resultados que tuvieron con el movimiento o no de la cabeza y dificultades como por ejemplo, saltar renglón, ubicar el texto con el dedo, lectura lenta silábica y con regresiones u omisiones de letras o palabras. Para los niños con TDAH se recomienda una serie de sesiones de aprendizaje lúdico de 30 a 40 minutos en espacios donde no haya distracciones, debido a que su dificultad se presenta mayormente problemas neuropsicológicos como atención y memoria que problemas con movimientos oculares.

Ingrid Rentería de la universidad de Babahoyo, afirma en su tesis de grado en 2015 la importancia de incluir las aplicaciones en el desarrollo cognitivo de los estudiantes de educación básica primaria, puesto que, gracias a estas herramientas informáticas el estudiante puede fomentar el desarrollo de habilidades y destrezas tales como la memoria, el lenguaje, solución de problemas o inteligencia, entre otros; dando paso a, una educación más participativa dentro de un entorno con mayor acceso a la información, de manera activa y lúdica que presente una mayor motivación al estudiante. Las aplicaciones pueden ser una herramienta muy útil en la educación siempre y cuando se guíe al estudiante a un correcto manejo de estas.

## MÉTODO

La cornea, la pupila y el iris son componentes del glóbulo ocular encargados de recibir la luz y pasarla a la retina, quien por medio de unas células llamadas fotorreceptoras, la transforman en señales eléctricas que los nervios ópticos transmiten al cerebro para que éste las convierta en las imágenes que vemos. La acomodación muscular del Sistema visual y la movilidad ocular deben coordinarse y retroalimentarse constantemente para que tenga lugar a una normal experiencia perceptiva visual.

**Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas**

Existen varios tipos de movimiento ocular del cual nos centraremos en el movimiento de seguimiento o persecución lenta, que trata de movimientos voluntarios y coordinados por ambos ojos para mantener estable la imagen fovea de estímulos que se desplazan lentamente por el campo visual. Este tipo de movimiento es el que interviene principalmente cuando usamos aplicaciones o hacemos algún tipo de deporte en el que debamos estar atentos a un objeto en movimiento como por ejemplo el tenis.

Según el artículo ¿Que son las aplicaciones? publicado por GCF Global, podemos entender que una aplicación es un programa informático para ejecutar operaciones o funciones específicas que facilitan a los usuarios el desarrollo de tareas complejas. Las aplicaciones son diferentes a los sistemas operativos ya que su objetivo es servir como herramientas de trabajo, ocio o de información, y no tienen que ver con el funcionamiento del computador o dispositivo móvil. (Equipo editorial, 2022)

Las aplicaciones junto a la inteligencia artificial transforman nuestro mundo permitiéndonos tener un mayor control sobre las cosas que nos rodean de manera rápida, como, por ejemplo, cerrar las cortinas, prender la luz, programar una alarma y un sin fin de cosas, con tan solo pedirselo a un dispositivo inteligente. Lasse Rouhiaine, en su publicación Inteligencia Artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro afirman que la inteligencia artificial es la capacidad de los sistemas para aprender según los datos que van obteniendo, y así, utilizar lo aprendido para la toma de decisiones tal como lo haría un ser humano con la ventaja que no necesita descansar y puede procesar grandes volúmenes de información con un margen mínimo de error.

El uso de la IA también nos puede permitir llegar a aquellas dificultades cognitivas en las que el humano necesita una atención prioritaria y una detección a temprana edad, para ayudar a un adecuado desarrollo de éste. Las habilidades cognitivas son las destrezas y procesos de la mente necesarios para realizar una tarea, además son las trabajadoras de la mente y facilitadoras del conocimiento al ser las responsables de adquirirlo y recuperarlo para utilizarlo posteriormente (Melero, 2015).

Para implementar una IA podemos recurrir a otros lenguajes como apoyo para establecer una comunicación más amigable con el Usuario. Para la parte visual de la página es utilizado el HTML5 como proveedor de tres características básicas: estructura, estilo y funcionalidad. Es la parte esencial de un documento y provee los elementos necesarios para ubicar contenido

**Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas**

estático o dinámico (Gauchat, 2012). Un documento HTML5 (HyperText Markup Language, version 5) es un archivo de texto que a través de etiquetas y geolocalización permite la interacción con JavaScript (u otros lenguajes), para permitir páginas con contenido dinámico (GARRO, 2014). CSS3 es una hoja de estilos, va de la mano con el HTML y su principal función es darles estilo a las etiquetas definidas en el documento HTML. Gracias a éste, es posible tener un gran abanico de posibilidades a la hora de diseñar una página.

Por su parte JavaScript, como se menciona anteriormente, permite crear páginas web dinámicas, lo que significa, la posibilidad de incorporar efectos como textos que aparecen y desaparecen, animaciones, acciones que se activan al pulsar botones y ventanas con mensajes de aviso al Usuario entre otra cantidad de acciones. (Pérez, 2009).

La librería de Webgazer es una biblioteca de seguimiento ocular que utiliza cámaras web comunes para inferir las ubicaciones de la mirada de los visitantes web en una página en tiempo real que entrena un mapeo entre las características del ojo y las posiciones en la pantalla. WebGazer.js está escrito en JavaScript. (WebGazer.js, s.f.)

## Marco metodológico

El desarrollo del proyecto fue basado en el concepto de metodología ágil. A partir de una previa investigación conceptual y técnica se permitieron establecer los requerimientos funcionales iniciales con el que debía contar la aplicación. Se optó por utilizar la librería Webzager.js debido a la sencillez de implementación de esta (con HTML, CSS y JavaScript) y que cumple con la funcionalidad que se requiere, a de más de, no necesitar mayor experiencia en el ámbito de desarrollo web para poderla codificar.

Una vez decididas las herramientas de desarrollo, entendiéndose como las librerías y lenguajes de desarrollo, se comienza la codificación del proyecto en Visual Studio Code, ejecutando una serie de tareas, en el cual se fueron haciendo adaptaciones de acuerdo con lo que se iba definiendo del proyecto en cada una de las pruebas realizadas, verificando así, cómo nos funcionaba mejor.

Por último, se hace el despliegue de la aplicación para realizar pruebas con diferentes personas y diferentes dispositivos tanto móviles como de escritorio.

## Desarrollo

Para el desarrollo de la aplicación fue necesario crear una carpeta la cual contiene todos los documentos necesarios para el funcionamiento de la aplicación.

**Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas**

Inicialmente se crea un archivo llamado index.html que contiene la estructura de la página, a través de la etiqueta <link> va enlazado al archivo creado como styles.css que permite añadir estilos a la página, el enlace a la librería Webgazer para permitir la lectura del movimiento ocular y el archivo script.js que inicializa y llamara componentes de la librería para insertarlos en la página.

Para que la librería inicialice, es necesario agregar el método “setGazeListener” propio de la librería Webgazer, que a través del botón “Iniciar calibración”, posibilita la recopilación de datos que permiten reunir información para las predicciones. Este método invoca una devolución de la llamada que proporciona cada milisegundo la ubicación de la mirada actual del usuario. (WebGazer.js, s.f.)

Adicionalmente se agrega un botón para cerrar la sesión y reenvíe a un formulario, esto con el fin de tener un conteo de las personas quienes realizaron la prueba y permitiéndonos corroborar a quienes les funciono y cuanto fue el tiempo en el que la aplicación se demoró en terminar la calibración.

En el archivo de estilos, se especificaron características para el tipo de letra (Font-family), un tamaño específico para el ancho del contenido en la página (max-width); color (background-color, color), tamaño y borde (border-radius, border) para el botón y, por último, una configuración a través de media queries (@media) para que se adapte el contenido de acuerdo con el tamaño de las pantallas con un máximo de ancho de 768px y 480px como corresponda.

```
JS script.js > onload
1 window.onload = function () {
2   const startBtn = document.getElementById("startBtn");
3   const progressBar = document.getElementById("progressBar");
4   const focusPoint = document.getElementById("focusPoint");
5   const timerElement = document.getElementById("timerTime");
6   const recordTimeElement = document.getElementById("recordTime");
7   const exitBtn = document.getElementById("exitBtn");
8
9   let calibProgress = 0;
10  let maxTime = 0;
11  let timer;
12  let gazeTime = 0;
13
14  function updateProgress() {
15    if (calibProgress === 100) {
16      focusPoint.style.display = "block";
17      timerElement.style.display = "block";
18      return;
19    }
20    calibProgress++;
21    progressBar.value = calibProgress;
22
23    requestAnimationFrame(updateProgress);
24  }
25}
```

Figura 1. Secuencia del código de JavaScript de la aplicación

Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
  <head>
    <meta charset="UTF-8" />
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0" />
    <title>Detección de movimiento de ojos</title>
    <script src="https://webgazer.cs.brown.edu/webgazer.js"></script>
    <script src="script.js"></script>
    <link rel="stylesheet" href="styles.css">
  </head>
  <body>
    <div class="container">
      <h1>Detector de Movimiento de los Ojos</h1>
      <p>Semilleros de Investigación - Corporación Universitaria UNITEC</p>
      <p>Esta aplicación usa la librería WebGazer.js como modelo de Inteligencia Artificial.</p>
      <p>Haga clic en el botón a continuación para iniciar la calibración:</p>
      <button id="startBtn">Iniciar Calibración</button>
      <div id="progressBar"></div>
      <div id="focusPoint" class="hidden"></div>
      <div id="recordTime" class="hidden">
        <p>Tiempo en segundos que ha mantenido la mirada en el punto rojo:</p>
        <div id="timerTime">0</div>
        <p>Record del tiempo más largo en segundos:</p>
        <div id="recordTime">0</div>
      </div>
      <button id="exitBtn">Salir de la sesión</button>
    </div>
  </body>
</html>
```

Figura 2. Secuencia del marcado HTML de la aplicación

Por último, se realiza la publicación del código por medio de *Netlify*, un servidor de aplicaciones gratuito que permite mostrar de en tiempo real un sitio web a partir de un repositorio de GitHub y abrirlo desde cualquier navegador.

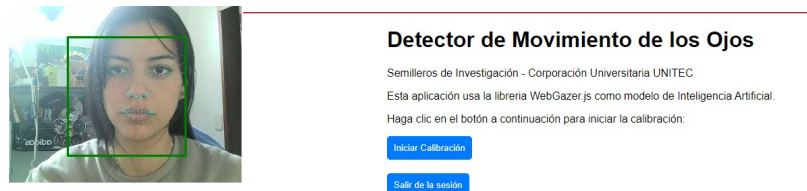


Figura 3. Interfaz principal en la versión alfa de la aplicación alojada en Netlify

## RESULTADOS

Se prueba la aplicación en el navegador desde distintos dispositivos. Podemos evidenciar que para algunos casos solo es posible la visualización de la página inicial sin ningún tipo de acción ni error al oprimir el botón para iniciar la calibración. Esto puede depender en gran medida del dispositivo en el que se ejecute la página web, ya sea móviles o escritorio, así como de la conexión a internet, el estado de la carga del servidor (Netlify) o las características técnicas

**Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas**

del dispositivo, donde se debe tener cuenta cámara, procesador, versión del navegador e incluso capacidad de almacenamiento.

En los casos cuando la aplicación funciona, hay que permitir la autorización del uso de la cámara la cual mapeara la cara del usuario y comenzara la calibración del movimiento ocular presentando un punto en algún lugar de la pantalla, que debe ser seguido con los ojos permitiendo a la librería leer el comportamiento del movimiento ocular y así posteriormente mover el punto hacia donde se mueva la vista en cualquier espacio de la pantalla

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN**

Desde esta temprana etapa de desarrollo de la aplicación, es posible sacar diferentes conclusiones. A pesar de la investigación realizada en la etapa preliminar a la creación de la aplicación, destacamos que es necesaria mayor profundidad en los instrumentos de medición ocular para cumplir los objetivos planteados inicialmente. El desarrollo de la aplicación de manera parcial es un éxito, pero hasta el momento su funcionamiento se ve restringido de gran manera por lo que luego de un mayor estudio en el futuro es posible que se encuentre apta para un ambiente de pruebas y una recolección de datos estadísticos que nos permitan obtener conclusiones más concretas.

En el lado del desarrollo de la aplicación, determinamos que existen diferentes modelos para medir el movimiento de los ojos con inteligencia artificial como el utilizado para este caso. Se ha decidido utilizar WebGazer.js por la facilidad para su desarrollo y publicación por medio del modelo de página web, y su facilidad para poder ser ejecutable desde cualquier dispositivo con navegador web y que tenga un dispositivo de entrada como cámara.

Sin embargo, para esta etapa aún es ambiguo el modelo de medición que hemos escogido, pues concluimos que para el diagnóstico de trastornos mentales como el autismo (Bonilla, 2016) es necesario el concepto cercano de profesionales del área que puedan dar su punto de vista en la calidad del modelo de inteligencia artificial escogido para la aplicación y que elementos se deberían tener en cuenta a la hora de medir el movimiento de los ojos para así determinar posibles trastornos y así incluirlos en la aplicación. Para la actual etapa de desarrollo de la aplicación, se tiene un claro panorama de las necesidades científicas del tema y solo sería necesaria una mejor retroalimentación del público objetivo para hacer cambios oportunos al modelo



**Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas**

de medición y empezar la recolección de data con precisión y puesta para su análisis, teniendo en cuenta el concepto científico de profesionales en el tema.

## REFERENCIAS

- Arias-Velandia, N., Rincón-Báez, W., Rojas-Tolosa, S.M., Moreno-Jiménez, Y.J. y Daza-Orozco, C.E. (2022). Panorama bibliográfico sobre actividades de ciencia, logro de aprendizaje y formación de vocaciones científicas en educación básica y media (Bibliographical Overview on Science Activities, Learning Achievement and Shaping of Scientific Vocations in Early, Elementary, Secondary and High School Education) (March 30, 2022). URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4071009>
- Ávila-Tomás, J. F., Mayer-Pujadas, M. A., & Quesada-Varela, V. J. (2021). "La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina II: Importancia actual y aplicaciones prácticas." (La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina II...) Atención Primaria, 53(1), 81-88. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0212656720301463>
- Bonilla, M., & Chaskel, R. (2016). Trastorno del espectro autista. Programa de educación continua en pediatría. Sociedad colombiana de pediatría, 15(1), 19-29.
- Collazos, J.M., Álzate, A., Robinson, P., (2018). Caracterización de la población con discapacidad en las cinco ciudades principales de Colombia. Ministerio de Salud de Colombia. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/boletín-9-discapacidad.pdf>
- Contreras, A., Ontiveros, R. & Morales J. (2006). Modelado del movimiento ocular mediante el uso de Inteligencia Artificial. Repositorio web: <https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/629556/33068001036902.pdf?sequence=1>
- De La Hoz Vásquez, M. G., & Rodríguez Hernández, M. I. (2018). Relación de los movimientos oculares sacádicos y la comprensión lectora con el déficit de atención e hiperactividad (TDAH). ("Relación de los movimientos oculares sacádicos y la comprensión lectora ...") IyD, 6(1), 137-149. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inclusion.6.1.2019.137-149>
- Educalingo. (Octubre de 2022). Fóvea. Obtenido de <https://educalingo.com/es/dic-es/fovea#:~:text=ETIMOLOG%C3%8DA%20DE%20LA%20PALABRA%20F%C3%93VEA,lat%C3%ADn%20fov%C4%95a%2C%20depresi%C3%B3n%20o%20fosea>.
- Equipo editorial. (13 de junio de 2022). Software de aplicación. Obtenido de Concepto: <https://concepto.de/software-de-aplicacion/>

**Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas**

- Garro, A. (28 de 01 de 2014). HTML5.
- GCFGGlobal (s. f.) Cultura tecnológica: ¿Qué son las aplicaciones o programas? Disponible en: <https://edu.gcfglobal.org/es/cultura-tecnologica/que-son-las-aplicaciones-o-programas/1/>. Consultado 11 de octubre de 2022
- Gauchat, J. D. (2012). El gran libro de HTML5, CSS3 y Javascript. (marcombo, Ed.) Barcelona, España. Obtenido de El gran libro de HTML5, CSS3 y Javascript: <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=szDMLRzwzuUC&oi=fnd&pg=PA1&dq=html5&ots=0CtGZ3wzOc&sig=rjol08roHkSdKBMQL0SmBcP7EUw#v=onepage&q=html5&f=false>
- Guerra Zuluaga, V., Vélez J, I., (2014) Visión artificial utilizada para representar patrones de movimiento a través de algoritmos de rastreo.
- Gila, L. (2009). Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares. Obtenido de <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v32s3/original2.pdf>
- Melero, J. T. (23 de junio de 2015). "Procesos cognitivos relacionados con el aprendizaje de la lectura del alumnado de Educación Primaria." ("Ambientes Virtuales de Aprendizaje: una herramienta para el ... - UPN") Obtenido de Universidad Internacional de La Rioja: <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/3268/TEULE%20MELERO%2C%20JUDITH.pdf?sequence=1#:~:text=La%20palabra%20cognici%C3%B3n%20de%20origen,y%20se%20usa%20el%20conocimiento>.
- National Eye Institute. (20 abril 2022). Como funcionan los ojos. Sitio web: [https://www.nei.nih.gov/espanol/aprenda-sobre-la-salud-ocular/vision-saludable/como-funcionan-los-ojos#:~:text=El%20iris%20\(la%20parte%20coloreada,luz%20correctamente%20en%20la%20retina](https://www.nei.nih.gov/espanol/aprenda-sobre-la-salud-ocular/vision-saludable/como-funcionan-los-ojos#:~:text=El%20iris%20(la%20parte%20coloreada,luz%20correctamente%20en%20la%20retina)
- Renteria, I. (2015). Influencia de las aplicaciones informáticas en el desarrollo cognitivo de los estudiantes de 4to año de educación básica de la unidad educativa "Manuel Quintana Miranda" de la provincia de los Ríos Del Cantón Quevedo. Repositorio web: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3237/UTB-FCJSE-COMPT-000037.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ribero-Fernández J.S.; Daza-Orozco, C.E.; Luque-Forero A.C. Restrepo-Arcos, D.; Posada Soriano, G. (2022) ¿Cómo potenciar la gestión del conocimiento en instituciones técnicas y tecnológicas? Politécnico Internacional.
- Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial "101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro". Pag 17. Disponible en: [https://static0planetadelibroscom.cdnstatics.com/libros\\_contenido\\_extra/40/39308\\_Inteligencia\\_artificial.pdf](https://static0planetadelibroscom.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39308_Inteligencia_artificial.pdf)
- Pérez, J. E. (25 de 03 de 2009). Introducción a JavaScript. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/12051/fichero/libros%252Flibro-javascript.pdf>

**Desarrollar una aplicación para medir el movimiento de los ojos usando inteligencia artificial con el fin de analizar las dificultades cognitivas**

Software de aplicación. Autor: Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. Para: Concepto. De. Disponible en: <https://concepto.de/software-de-aplicacion/>. Última edición: 13 de junio de 2022. Consultado: 10 de octubre de 2022

Toledo, G. A. (2012). Accesibilidad digital para usuarios con limitaciones visuales (Doctoral disertación, Universidad Nacional de la Plata). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/24871>

WebGazer.js. (s.f.). WebGazer.js. Obtenido de <https://webgazer.cs.brown.edu/>.