



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN**

Aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas
utilizando la tecnología Computer Vision

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en Tecnologías de
la Información**

Autor:

Castillo Valdivieso, Joel Alejandro
Herrera Bravo, William Dario

Tutor:

Mgs. Jorge Edwin Delgado Altamirano

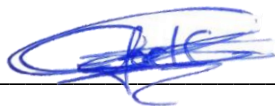
Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, Joel Alejandro Castillo Valdivieso, con cédula de ciudadanía 1600690380 y William Dario Herrera Bravo, con cédula de ciudadanía 2100798822, autores del trabajo de investigación titulado: APLICACIÓN WEB PARA PAUSAS ACTIVAS EN PREVENCIÓN DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA COMPUTER VISION, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 15 de octubre de 2024.



Joel Alejandro Castillo Valdivieso

C.I: 1600690380



William Dario Herrera Bravo

C.I: 2100798822

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.11
VERSIÓN 01: 06-09-2021

ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En la Ciudad de Riobamba, a los seis días del mes de septiembre de 2024, luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por los estudiantes **JOEL ALEJANDRO CASTILLO VALDIVIESO** con CC: **1600690380**, y **WILLIAM DARIO HERRERA BRAVO** con CC: **2100798822** de la carrera **INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN** y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado "**APLICACIÓN WEB PARA PAUSAS ACTIVAS EN PREVENCIÓN DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA COMPUTER VISION**", por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.



Mgs. Jorge Delgado
TUTOR(A)

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación APLICACIÓN WEB PARA PAUSAS ACTIVAS EN PREVENCIÓN DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA COMPUTER VISION presentado por Joel Alejandro Castillo Valdivieso, con cédula de identidad número 1600690380 y William Dario Herrera Bravo, con cédula de identidad número 2100798822, bajo la tutoría de Mg. Jorge Edwin Delgado Altamirano; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 15 días del mes de octubre de 2024

Gonzalo Allauca, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Diego Reina, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Pamela Buñay, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **CASTILLO VALDIVIESO JOEL ALEJANDRO** con C.I. 1600690380, **HERRERA BRAVO WILLIAM DARIO** con C.I. 2100798822, estudiantes de la Carrera **INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**APLICACIÓN WEB PARA PAUSAS ACTIVAS EN PREVENCIÓN DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA COMPUTER VISION**", cumple con el 7 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 04 de octubre del 2024



Jorge Edwin Delgado
Jorge Edwin Delgado
ALTAMIRANO

Mgs. Jorge Delgado
TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

“Con profunda gratitud, dedico este trabajo a mi mamá, por su amor incondicional, su fortaleza en los momentos difíciles y su constante apoyo. Su fe en mí y su valentía me han impulsado a seguir adelante cada día. Asimismo, a mis amigos, por su compañía y aliento constante; cada momento y cada gesto compartido han dejado una huella duradera en mi vida. A mi familia, por su apoyo incondicional y por estar a mi lado, así como a todas las personas que han estado conmigo en este proceso”

Joel Alejandro Castillo Valdivieso

“Dedico este trabajo de investigación a mi mamá, por ser mi pilar, mi guía y mi mayor fuente de inspiración. Gracias por tus interminables sacrificios, por tu amor incondicional y por creer en mí en cada paso de mi camino académico. A mi familia por su respaldo en todo momento y a mis amigos, quienes compartieron conmigo desafíos, alegrías y anécdotas que difícilmente olvidaré”

William Dario Herrera Bravo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, quien me ha otorgado la sabiduría y la fortaleza necesaria para enfrentar y superar cada uno de los desafíos que se presentaron en este camino.

A mi madre, Bertha Castillo, expreso mi más profundo agradecimiento por ser el pilar fundamental en mi vida. Su amor, su apoyo constante y su ejemplo de perseverancia han sido mi mayor fuente de motivación para alcanzar mis metas. Cada paso en este camino ha sido posible gracias a su inquebrantable presencia.

A los docentes que han formado parte de mi trayectoria universitaria, les expreso mi agradecimiento por compartir conmigo sus conocimientos. Su influencia ha sido esencial en mi desarrollo académico, y estoy profundamente agradecido por cada enseñanza impartida.

A mis compañeros de carrera: William Herrera, Carlos Campoverde, Andrea Criollo y muchos otros que se han convertido en verdaderos amigos, cómplices y hermanos en este proceso, les agradezco las horas compartidas, los proyectos y las experiencias vividas. Su compañía ha hecho de este viaje algo inolvidable, y cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi historia.

A mi leal compañero felino llamado pendejx, cuya presencia ha sido un apoyo invaluable en los momentos más difíciles. Sus silenciosas vigiliass durante las desveladas han ofrecido un consuelo profundo y constante. Ha sido más que una simple compañía; se ha convertido en un pilar de fortaleza en este proceso, y por ello, se expresa un sincero agradecimiento.

Finalmente, expreso mi gratitud a la Universidad Nacional de Chimborazo, que, con su exigencia y rigor, me ha permitido alcanzar este anhelado título. Agradezco a cada uno de los directivos por su dedicación y gestión, ya que sin su esfuerzo no existirían las bases ni las condiciones necesarias para mi formación y crecimiento académico.

Joel Alejandro Castillo Valdivieso

Primero, agradezco a Dios, por darme la fortaleza y sabiduría para superar cada desafío en este camino. Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo, por brindarme la oportunidad de crecer académica y personalmente en sus aulas. Agradezco a todos los docentes que, con su dedicación y esfuerzo, contribuyeron a mi formación profesional, y en especial, a mi tutor de tesis, Mgs. Jorge Delgado, cuya orientación y apoyo fueron fundamentales para la realización de este trabajo. También extendo mi agradecimiento al Mgs. Edmundo Cabezas, colaborador de mi tesis, por su valiosa contribución y compromiso en este proyecto.

Mi gratitud eterna es para mi mamá, Alicia Bravo, mi hermano, Ronald Herrera, y mis abuelos, Guillermo Herrera y Elvia Cuenca, por su amor incondicional, su paciencia y por ser mi mayor fuente de inspiración. A toda mi familia, que siempre ha estado presente en cada paso de este camino, les debo todo lo que soy.

A mis amigos de toda la vida, David Román, David Briones, Denilson Vásquez, Josué Cruz, Alejandro Carvajal (+), Yesly Loayza, Jamileth Loayza, y Emily Naranjo, gracias por estar siempre a mi lado, por los momentos compartidos y por ser ese refugio de amistad sincera que tanto valoro.

A mis amigos de carrera, Joel Castillo, Carlos Campoverde, Andrea Criollo, y Luis Lucero, por acompañarme en este viaje académico. Su compañerismo y apoyo fueron invaluable.

Un agradecimiento muy especial a Jaela Jiménez, por ser mi apoyo incondicional y una fuente de alegría constante. Sus sabios consejos y nuestras conversaciones sobre el futuro me brindaron claridad y fortaleza en los momentos más decisivos. Su presencia a lo largo de este proceso ha sido un verdadero regalo en mi vida.

Finalmente, quiero extender un agradecimiento especial a mis amigos y excompañeros de trabajo en el Consejo Nacional Electoral: Luis Santamaría, Milton Tinizaray, Dennis Chaguancallo, Víctor Iza, Carlos Pallo, y Javier Gaona, quienes no solo me brindaron su apoyo profesional, sino también valiosos consejos de vida que atesoro profundamente.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Este logro no sería posible sin su constante apoyo y motivación.

William Dario Herrera Bravo

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	17
1.1. Antecedentes.....	17
1.2. Planteamiento del Problema	18
1.2.1. Problema y Justificación.....	18
1.3. Formulación del Problema.....	19
1.4. Objetivos.....	19
General.....	19
Específicos	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Aplicación Web	20
2.1.1. Funcionamiento de las Aplicaciones Web.....	20
2.2. Pausas Activas	21
2.2.1. Beneficios de las Pausas Activas	21
2.3. Lesiones Musculoesqueléticas.....	22
2.3.1. Síntomas de las lesiones musculoesqueléticas	22
2.3.2. Tipos de Lesiones Musculoesqueléticas.....	22
2.4. Computer Vision.....	23
2.4.1. ¿Cómo opera la tecnología Computer Vision?.....	23
2.4.2. Deep Learning y Computer Vision.....	24
2.4.3. Aplicaciones de Computer Vision en la Salud Ocupacional	24

2.4.4.	MediaPipe	26
2.6.	Metodología Kanban	26
2.7.	Modelo de calidad FURPS	27
2.8.	JMeter	27
CAPÍTULO III. METODOLOGIA		29
3.1.	Tipo de investigación.....	29
3.1.1.	Según la fuente de investigación	29
3.1.2.	Según el objeto de estudio	29
3.2.	Técnicas de recolección de datos.....	29
3.3.	Población de estudio y tamaño de la muestra.....	29
3.4.	Métodos de análisis, y procesamiento de datos	29
3.5.	Identificación de variables.....	29
3.5.1.	Variable independiente	29
3.5.2.	Variable dependiente	29
3.6.	Operacionalización de variables	30
3.7.	Desarrollo	31
3.7.1.	Análisis de requerimientos	31
3.7.2.	Diagramas de casos de uso	33
3.7.3.	Diseño de arquitectura	34
3.7.4.	Estructura de la base de datos.....	36
3.7.5.	Desarrollo de la aplicación web aplicando Kanban.....	37
3.7.6.	Planificación de pruebas	44
3.7.7.	Ejecución de las pruebas.....	44
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		46
4.1.	Resultados.....	46
4.2.	Valoración de indicadores	48
4.2.1.	Tiempo de desarrollo	48
4.2.2.	Número de líneas de código	48
4.2.3.	Número de funcionalidades	48
4.2.4.	Eficacia	48
4.2.5.	Tiempo de respuesta	49
4.2.6.	Utilización de los recursos.....	50

4.2.7. Comparación entre los valores obtenidos y valores establecidos en el modelo de calidad FURPS	50
4.3. Discusión	50
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. Conclusiones.....	52
5.2. Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficios de las Pausas Activas	21
Tabla 2: Tipos de Lesiones Musculoesqueléticas	22
Tabla 3: Roles Computer Vision	25
Tabla 4: Parámetros y valores de análisis del modelo FURPS	27
Tabla 5: Operacionalización de variables.....	30
Tabla 6: Requisitos funcionales.....	31
Tabla 7: Requisitos no funcionales.....	32
Tabla 8: Indicadores de rendimiento JMeter	44
Tabla 9: Cantidad de solicitudes JMeter	47
Tabla 10: Indicador – Eficacia	48
Tabla 11: Utilización de recursos	50
Tabla 12: Valores obtenidos vs modelo de calidad FURPS	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Funcionamiento de una aplicación web.....	21
Figura 2: Arquitectura de Red Neuronal Convolutacional	24
Figura 3: Pose landmark detection	26
Figura 4: Logo JMeter.....	28
Figura 5: Flujo de la aplicación web	31
Figura 6: Casos de uso de la aplicación web.....	33
Figura 7: Casos de uso acciones Usuario-Administrador	33
Figura 8: Casos de uso acciones Usuario-Normal	34
Figura 9: Vista conceptual.....	35
Figura 10: Patrón de diseño MVT (Model View Template).....	36
Figura 11: Diagrama entidad - relación.....	36
Figura 12: Flujo de Trabajo.....	37
Figura 13: Fase 1 Kanban - Por hacer	37
Figura 14: Fase 2 Kanban – En desarrollo	38
Figura 15: Fase 3 Kanban – En revisión	38
Figura 16: Fase 4 Kanban – Completado	38
Figura 17: Módulo Login	39
Figura 18: Módulo Registro	39
Figura 19: Módulo ChatBot	40
Figura 20: Módulo Ejercicios de Pausas Activas utilizando Computer Vision	40
Figura 21: Módulo Reportes Histórico Individual 1	41
Figura 22: Módulo Reportes Histórico Individual 2	41
Figura 23: Módulo Administrador	42
Figura 24: Módulo Reportes Histórico General	42
Figura 25: Implementación de tecnología Computer Vision	43
Figura 26: Implementación de tecnología Computer Vision en Lunesgeneral.js	44
Figura 27: Configuración Thread Group JMeter.....	45
Figura 28: Configuración Thread Group JMeter.....	45
Figura 29: Summary Report JMeter.....	46
Figura 30: Árbol de resultados JMeter.....	47
Figura 31: Porcentajes de resultados de evaluación inicial.....	48

Figura 32: Eficacia de la Aplicación Web	49
Figura 33: Gráfico de resultados	49
Figura 34: Tiempo de respuesta	50

RESUMEN

La OMS en su informe sobre trastornos musculoesqueléticos indicó que aproximadamente 1710 millones de personas padecen estos trastornos, los cuales afectan considerablemente la movilidad y la destreza, resultando en jubilaciones tempranas, menor bienestar y una disminución en la capacidad de participación social. En la actualidad, con el aumento de la sedentarización asociada a trabajos de oficina y estilo de vida moderno, la mayoría de los trabajadores son susceptibles a sufrir alguna lesión musculoesquelética. Al mismo tiempo, la escasez de soluciones modernas que puedan ser aplicables por empresas en beneficio de la salud de sus trabajadores crea la necesidad de concebir ideas innovadoras que estén a la vanguardia de la tecnología. Por lo expuesto, la presente investigación se enfocó en el desarrollo de una aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision.

Para la aplicación web se utilizó la metodología ágil Kanban para organizar y gestionar el proceso de desarrollo por medio de tableros en los cuales se establecieron cuatro tareas: Por hacer, En desarrollo, En revisión y Completado. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo el cual permitió analizar el rendimiento de la aplicación web. En la construcción del aplicativo se empleó el framework de desarrollo Django.

Para la evaluación de rendimiento de la aplicación web se utilizó la herramienta JMeter, se analizaron métricas como eficacia, tiempo de respuesta y utilización de recursos del sistema. Los resultados obtenidos revelaron una eficacia del 100%, cumpliendo con los estándares del modelo de calidad FURPS. El tiempo de respuesta promedio fue de 0.102s, notablemente inferior al límite sugerido por el modelo FURPS. Además, la utilización de recursos del sistema fue del 21%, en consonancia con las expectativas del modelo de calidad.

Palabras claves: Aplicación Web, Computer Vision, Django, FURPS, JMeter, Lesiones Musculoesqueléticas, Pausas Activas.

ABSTRACT

The WHO, in its report on musculoskeletal disorders, indicated that approximately 1.710 billion people suffer from these disorders, which significantly affect mobility and dexterity, resulting in early retirement, reduced well-being, and decreased capacity for social participation. Today, with the rise in sedentary behaviors associated with office work and modern lifestyles, most workers are susceptible to musculoskeletal injuries. At the same time, the scarcity of modern solutions that companies can apply to improve workers' health creates a need to develop innovative ideas that are at the forefront of technology. Therefore, this research, which is at the cutting edge of technology, focused on developing a web application for active breaks aimed at preventing musculoskeletal injuries using the innovative Computer Vision technology.

For the web application, the agile Kanban methodology was used to organize and manage the development process by means of boards in which four tasks were established: To Do, Under Development, Under Review, and Completed. The research adopted a quantitative approach, which allowed analyzing the web application's performance. The Django development framework was used to construct the application.

For the performance evaluation of the web application, the JMeter tool was used, metrics such as effectiveness, response time and system resource utilization were analyzed. The results obtained revealed a resounding success, with 100% effectiveness, complying with the standards of the FURPS quality model. The average response time was 0.102 s, significantly lower than the limit suggested by the FURPS model. Additionally, system resource utilization was 21%, in line with the expectations of the quality model, further confirming the effectiveness of the web application.

Keywords: Web Application, Computer Vision, Django, FURPS, JMeter, Musculoskeletal Injuries, Active Breaks.



Reviewed by:
Ms.C. Ana Maldonado León
ENGLISH PROFESSOR
C.I.0601975980

CAPÍTULO I. INTRODUCCION

En la era digital actual, donde la tecnología rodea cada aspecto de la vida cotidiana, la atención a la salud y el bienestar en entornos laborales adquiere una relevancia crucial. Con el aumento de la sedentarización asociada a trabajos de oficina y estilo de vida moderno, un comportamiento sedentario conlleva a un aumento de la fatiga muscular puesto que existe menor producción de óxido nítrico, menor vasodilatación y en consecuencia un menor flujo sanguíneo, predisponiendo la generación de lesiones musculoesqueléticas [1], por lo que la prevención de lesiones musculoesqueléticas se vuelve una prioridad urgente.

Está bien establecido que las pausas activas proporcionan una desconexión temporal del trabajo, ayudan a mantener el rendimiento y a evitar la acumulación de fatiga durante los períodos laborales [2]. Por lo tanto, implementar pausas activas en la naturaleza sedentaria de muchos trabajos modernos sería de gran ayuda para asegurar la productividad, eficiencia organizacional y reducción de costos en términos de ausentismo y atención médica.

La tecnología Computer Vision ha revolucionado los sistemas informáticos, dotándolos de técnicas avanzadas de inteligencia artificial que superan las capacidades humanas en diversos aspectos. A través de los sistemas de visión por computadora, las computadoras han adquirido la capacidad de percibir y comprender el mundo visual. Este campo multidisciplinario integra ciencias de la computación, inteligencia artificial y análisis de imágenes para extraer información significativa del mundo físico, permitiendo a las computadoras tomar decisiones informadas [3].

Por ende, integrar las capacidades que brinda esta tecnología en el desarrollo de una aplicación web para pausas activas sería de gran ayuda en la prevención de lesiones musculoesqueléticas de personas que están sujetas a entornos laborales sedentarios.

Por tal motivo, el proyecto de investigación se enfocó en el desarrollo de una aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision. Durante el desarrollo se empleó la metodología de desarrollo KANBAN, para organizar visualmente las tareas individuales y gestionar el proceso de desarrollo por medio de tableros. Por último, para evaluar el rendimiento de la aplicación web, se utilizó el modelo de calidad FURPS.

1.1. Antecedentes

En la investigación llevada a cabo en la Universidad Distrital Francisco José De Caldas en 2019 por Fabian Herrera, Rodrigo Niño, Carlos Montenegro y Paulo Gaona se presentó: “FabRigo: Modelo informático para supervisar y gestionar rutinas de pausas activas en empleados de oficina utilizando el modelo PoseNet”

- A través del desarrollo, se pudo determinar que se puede implementar un mecanismo que garantice la ejecución de las pausas activas apoyadas en la librería PoseNet, la cual es una herramienta que utiliza redes neuronales convolucionales para identificar

los puntos clave del cuerpo humano y, de esta manera, supervisar una rutina de ejercicios vinculada a pausas activas.

En otra investigación realizada en cooperación de investigadores de múltiples institutos y laboratorios de Portugal [4], se presentó: “Feasibility of 3D Body Tracking from Monocular 2D Video Feeds in Musculoskeletal Telerehabilitation”

- Esta investigación evaluó el rendimiento de MediaPipe Pose en una amplia gama de ejercicios comúnmente realizados en sesiones de fisioterapia, que abarcan diferentes posturas corporales. La misma respaldó el potencial del uso de MediaPipe Pose para el seguimiento corporal en 3D a partir de vídeos monoculares en 2D en aplicaciones de telerehabilitación musculoesquelética, lo cual elimina la necesidad de usar hardware especializado complejo, como cámaras de profundidad 3D o dispositivos portátiles.

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Problema y Justificación

En el 2021, la Organización Mundial de la Salud presenta un informe mundial sobre los trastornos musculoesqueléticos en el cual detallan que aproximadamente 1710 millones de personas tienen trastornos musculoesqueléticos en todo el mundo y mencionan que estos trastornos limitan enormemente la movilidad y la destreza, lo que provoca jubilaciones anticipadas, menores niveles de bienestar y una menor capacidad de participación social [5].

En el panorama laboral contemporáneo, caracterizado por la prevalencia de trabajos sedentarios y el uso extendido de tecnologías digitales, la salud y bienestar de los trabajadores se encuentran bajo una amenaza latente. Las lesiones musculoesqueléticas relacionadas con la actividad laboral han emergido como una preocupación significativa, generando consecuencias adversas tanto para los trabajadores como para las organizaciones. Las demandas laborales modernas a menudo dificultan que los trabajadores tomen descansos regulares y realicen actividades físicas breves durante su jornada.

En este contexto, el uso frecuente de computadores para llevar a cabo sus tareas puede provocar lesiones musculoesqueléticas, St-Onge, et al [6] evidenciaron que las incidencias de dolor de cuello en trabajadores de oficina es del 57% mientras que en el resto de la población es del 10.4% al 21.3% y en estos trabajadores se observa la prevalencia en un 50.2% en un periodo de 12 meses. Así mismo, la falta de recuperación o descanso muscular insuficiente, especialmente para las fibras musculares pequeñas pueden representar un factor de riesgo para trastornos del cuello y hombros [7].

En este sentido, implementar una aplicación web para pausas activas que aproveche las capacidades de Computer Vision puede ser una herramienta útil para la prevención de lesiones musculoesqueléticas y mejorar el bienestar general en los entornos laborales.

Además, es importante destacar que la insuficiencia de referencias bibliográficas acerca de la aplicación de Computer Vision en aplicaciones web y sistemas de análisis plantea un desafío sustancial. En muchos casos, los algoritmos de visión artificial carecen de una evaluación detallada de su rendimiento en la literatura de investigación, complicando la valoración de la calidad de su funcionamiento. Esta carencia en la comunidad de Computer Vision ha propiciado que los algoritmos se publiquen más por demostraciones experimentales o teóricas que por fundamentos de ingeniería sólidos. En la actualidad, la necesidad urgente es diseñar sistemas con Computer Vision eficientes con criterios de rendimiento claros, lo que requiere una base de ingeniería detallada para describir tareas, métodos de ejecución, criterios de error y rendimiento bajo factores.

1.3. Formulación del Problema

¿El uso de la tecnología Computer Vision incidirá en el rendimiento de una aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas?

1.4. Objetivos

General

- Implementar una aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision.

Específicos

- Investigar la tecnología Computer Vision y su aplicación en la salud ocupacional.
- Desarrollar la aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision.
- Evaluar el rendimiento de la aplicación web utilizando el modelo de calidad FURPS.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Aplicación Web

Es un software que se ejecuta en el navegador web [8], el cual está conformado por un conjunto de páginas web estáticas y dinámicas. Una página web estática es aquella que no sufre alteraciones al ser solicitada por un usuario. El servidor web entrega la página al navegador tal como está, sin realizar ningún tipo de modificación. Por otro lado, cuando el servidor modifica las páginas web dinámicas antes de enviarlas al navegador solicitante. La naturaleza cambiante de este tipo de página es la que le da el nombre de dinámica [9].

2.1.1. Funcionamiento de las Aplicaciones Web

Las aplicaciones web tienen una arquitectura cliente-servidor en donde su código fuente se divide en dos elementos: scripts del lado del cliente y scripts del lado del servidor.

- **Arquitectura del lado del cliente**

El script del lado del cliente se encarga de gestionar las funcionalidades de la interfaz de usuario, incluyendo elementos como botones y menús desplegables. Cuando el usuario final da clic en el enlace de la aplicación web, el navegador web carga el script del lado del cliente y renderiza los elementos gráficos y el texto para la interacción del usuario. Por ejemplo, el usuario puede leer contenidos, visualizar videos o completar un formulario de contacto. Las acciones como hacer clic en el botón de enviar se dirigen al servidor como una solicitud del cliente [8].

- **Arquitectura del lado del servidor**

El script del lado del servidor se ocupa del procesamiento de datos. El servidor de la aplicación web maneja las solicitudes del cliente y devuelve una respuesta. Estas solicitudes generalmente incluyen la obtención de más datos, la modificación de datos existentes o la adición de nuevos datos. Por ejemplo, si el usuario da clic en el botón Leer más, el servidor de la aplicación web enviará contenido al usuario. Si el usuario da clic en el botón Enviar, el servidor de la aplicación guardará los datos del usuario en la base de datos. En ciertos casos, el servidor cumple con la solicitud de datos y envía al cliente la página HTML completa. Esto se llama renderizado del lado del servidor [8].

En la Figura 1, se representa el funcionamiento de una aplicación web tradicional en el que se muestra el proceso de consulta a la base de datos y de devolución de los datos al navegador web:

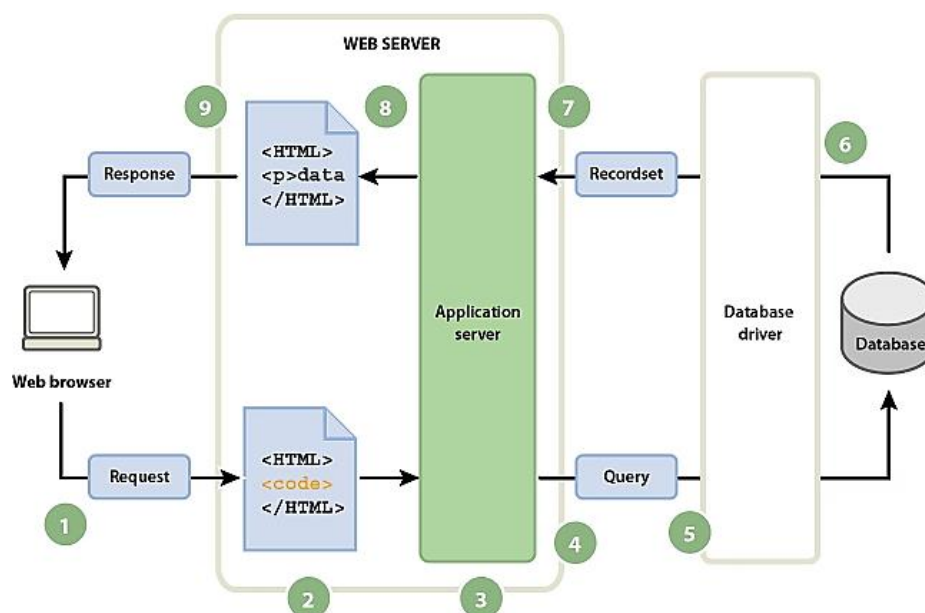


Figura 1: Funcionamiento de una aplicación web

Fuente: [9]

1. El navegador web hace la petición.
2. El servidor web localiza la página y la envía al servidor de aplicaciones.
3. El servidor de aplicaciones busca las instrucciones específicas en la página.
4. El servidor de aplicaciones remite la solicitud al controlador de la base de datos.
5. El controlador lleva a cabo la consulta en la base de datos.
6. El juego de registros se devuelve al controlador.
7. El controlador pasa el juego de registros al servidor de aplicaciones.
8. El servidor de aplicaciones inserta los datos en una página y luego pasa la página al servidor web.
9. El servidor web responde con la página finalizada al navegador web solicitante.

2.2. Pausas Activas

Son actividades físicas que se realizan durante un lapso corto de tiempo, las cuales tienen una duración mínima de 10 minutos, las mismas incluyen adaptación física, cardiovascular, fortalecimiento muscular y mejoramiento de la flexibilidad buscando reducir el riesgo cardiovascular y las lesiones musculoesqueléticas asociadas al desempeño laboral [10].

2.2.1. Beneficios de las Pausas Activas

La Tabla 1 presenta los beneficios de realizar pausas activas en los entornos laborales:

Tabla 1: Beneficios de las Pausas Activas

Pausas Activas	
BENEFICIOS	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoran el desempeño y eficiencia en el trabajo. • Reducen la repetitividad de movimientos en actividades como la digitación y el uso del mouse.

-
- Reducen el estrés laboral.
 - Ayudan a recuperar energía.
 - Ayudar a prevenir lesiones musculoesqueléticas.
 - Ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares.
-

Fuente: [11]

2.3. Lesiones Musculoesqueléticas

Son lesiones del sistema musculoesquelético que pueden tener su origen en el entorno laboral. Pueden aparecer en cualquier región corporal pero afectan principalmente a la espalda, cuello, hombros y extremidades superiores [12]. Estas lesiones pueden ser provocadas por esfuerzos repetitivos, movimientos repetitivos, trastornos por trauma acumulativo, trastornos de las extremidades superiores relacionados con el trabajo, etc. En cada caso, el nombre se utiliza para describir lesiones de huesos, articulaciones, ligamentos, tendones, músculos y otros tejidos blandos [13].

2.3.1. Síntomas de las lesiones musculoesqueléticas

Los signos y síntomas físicos que experimentan los trabajadores pueden incluir: dolor agudo, dolores sordos, hormigueo o entumecimiento debido a nervios comprimidos, sensación de ardor, hinchazón, enrojecimiento, sensibilidad al tacto y dolor cuando se mueve la parte del cuerpo afectada [13].

2.3.2. Tipos de Lesiones Musculoesqueléticas

La Tabla 2 presenta los diferentes tipos de Lesiones Musculoesqueléticas clasificadas por la zona corporal:

Tabla 2: Tipos de Lesiones Musculoesqueléticas

Zona Corporal	Lesiones
Espalda	• Hernia discal
	• Lumbalgias
	• Ciática
	• Dolor muscular
	• Protusión discal
	• Distensión muscular
	• Lesiones discales
Cuello	• Dolor
	• Espasmo muscular
	• Lesiones discales

Hombros	<ul style="list-style-type: none"> • Tendinitis • Periartritis • Bursitis
Codo	<ul style="list-style-type: none"> • Codo de tenis • Epicondilitis
Manos	<ul style="list-style-type: none"> • Síndrome del túnel carpiano • Tendinitis • Entumecimiento • Distensión
Piernas	<ul style="list-style-type: none"> • Hemorroides • Ciática • Varices

Fuente: [14]

2.4. Computer Vision

Es una rama de la Inteligencia Artificial (IA) que se centra en permitir que las computadoras identifiquen y comprendan el contenido visual, como imágenes y videos. Su objetivo es realizar y automatizar tareas que replican las capacidades humanas. En este sentido, la tecnología Computer Vision mediante algoritmos de Deep Learning y redes convolucionales busca replicar la forma en que los humanos ven y la forma en que los humanos tienen sentido lo que ven[15],[16].

2.4.1. ¿Cómo opera la tecnología Computer Vision?

Computer Vision funciona a través de algoritmos y modelos matemáticos. El funcionamiento comienza con la captura de imágenes a través de cámaras u otros dispositivos sensoriales, que pueden ser fotografías, videos o datos en tiempo real. Luego, las imágenes pasan por un proceso de preprocesamiento para mejorar la calidad de la información, eliminando el ruido, corrigiendo distorsiones o ajustando el contraste. Seguidamente, la visión artificial realiza análisis y reconocimiento de patrones, identificando características como bordes, formas, colores y texturas, las cuales se utilizan para identificar y segmentar objetos en la imagen. Una vez que se han identificado, se realizan diversas tareas, como la clasificación, el reconocimiento de posiciones o movimientos, e incluso la comprensión del contexto y significado de los objetos, utilizando algoritmos de Deep Learning y la Red Neuronal Convolucional, la cual se define como una operación matemática que combina dos funciones para generar una tercera función, entrenados con grandes cantidades de datos visuales [17].

2.4.2. Deep Learning y Computer Vision

Deep Learning (DL) es un concepto evolucionado a partir de la tecnología de Machine Learning (ML) dentro del superconjunto de Inteligencia Artificial (IA), cuyo desarrollo ha mejorado enormemente los alcances del aprendizaje automático y la tecnología relacionada con la inteligencia artificial [18]. ML es una técnica de procesamiento de datos que facilita la capacidad de una máquina para aprender a realizar una tarea específica de forma independiente. El ML tradicional no ha sido suficiente en lograr el nivel deseado de automatización de tareas, ya que requiere que el comportamiento y el llamado extractor de características se definan manualmente para que el sistema ML pueda funcionar. DL supera este obstáculo aprovechando una técnica llamada Representation Learning (RL), esta técnica amplía la estructura de la automatización al autorizar un proceso de extracción de características totalmente automatizado para operar a partir de datos sin procesar. RL se aplica en forma de red neuronal artificial, la cual es un sistema informático diseñado para imitar las funciones de las neuronas biológicas[19]. La arquitectura de esta red neuronal consta de múltiples capas y niveles que regulan la ejecución de un proceso particular y sus resultados posteriores. Por lo tanto, los diseños de la arquitectura de redes neuronales podrían variar dependiendo de la tarea específica que se realice [20].

La tecnología Deep Learning en Computer Vision está impulsada principalmente por la Red Neuronal Convolutiva [21], un tipo específico de Deep Learning que está diseñado para administrar datos basados en imágenes.

En la Figura 2, se representa la arquitectura de una red neuronal convolutiva:

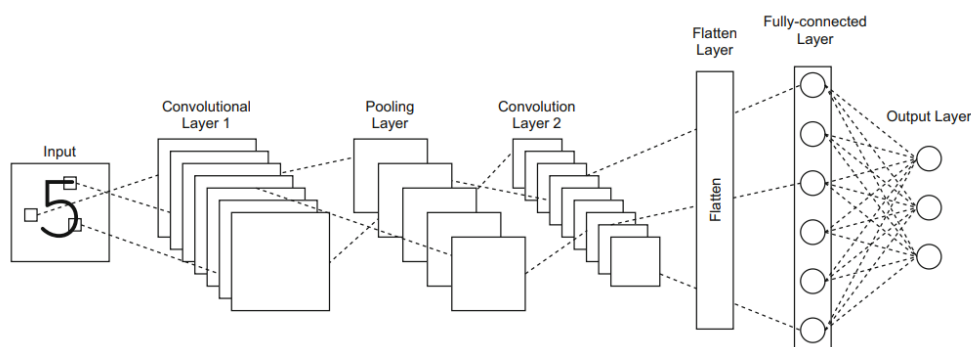


Figura 2: Arquitectura de Red Neuronal Convolutiva

Fuente: [19]

Como entrada encontramos una imagen que va segregando sus características únicas, paso a paso, que luego se utilizan para predecir un resultado, generalmente para la clasificación de la imagen de entrada en una clase predefinida [22].

2.4.3. Aplicaciones de Computer Vision en la Salud Ocupacional

En un estudio llamado “Tecnologías de la Información para la Salud y la Seguridad en el Trabajo” realizado en Ecuador por Luis Reyes, Investigador del ministerio de agricultura, Diana Almeida, Investigadora de la Universidad Internacional SEK, y Ana Flores,

Investigadora del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, se pudo demostrar que es posible utilizar Computer Vision para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores.

Ellos mencionaron que uno de los sectores que más ha aprovechado las capacidades de la tecnología Computer Vision, es el sector de la construcción, el cual utiliza estos sistemas a pesar de que no se evidencian estudios que relacionen la visión por computador directamente con la ciencia y gestión de la seguridad [23]. Esto debido a que se ha reportado que la mayor causa de los accidentes en el ámbito de la construcción ocurre cuando el trabajador no se encuentra en su zona de trabajo, por ello el usar un sistema automático utilizando Computer Vision les permite brindar mejor efectividad frente a una tarea de control que antes se realizaba se forma manual [23]. En la Tabla 3, se detallan los 3 roles de los sistemas de Computer Visión que se establecieron en este estudio:

Tabla 3: Roles Computer Vision

Enfoques	Descripción	Ejemplos de actos y condiciones inseguros dirigidos	Técnicas aplicadas de Computer Vision
Identificación del riesgo en la escena	Identificar actos y condiciones inseguras mediante comprensión de las escenas estáticas en obras de construcción	Falta de uso de protección personal equipamiento (EPI)	Detección de objetos
Identificación del riesgo basado en la ubicación.	Identificación de actos inseguros basados en ubicaciones y movimientos de las entidades del proyecto (p. ej., equipos, trabajadores)	No advertir a los compañeros de trabajo que no sean golpeados por vehículos o equipo	Seguimiento de objetos
Identificación del riesgo basado en acciones.	Identificación de violaciones de las normas de seguridad y salud con respecto a los movimientos	Movimientos inadecuados de la superestructura de vehículos pesados. Equipamiento, Levantamiento inadecuado con posturas incómodas, etc.	Reconocimiento de acciones

Fuente: [23]

Cada enfoque mostrado en la tabla 3, fue asociado con la resolución de problemas en el ámbito de la salud y seguridad en el trabajo [23].

2.4.4. MediaPipe

Es una biblioteca de software de código abierto creada por Google que facilita el desarrollo de aplicaciones de Computer Vision en tiempo real. Esta biblioteca brinda un conjunto de algoritmos y modelos preentrenados que utilizan redes neuronales convolucionales que permiten a los desarrolladores de software aprovechar las capacidades de la Inteligencia Artificial (IA) para realizar tareas como el seguimiento de objetos(object detection), la detección de gestos(gesture recognition), el reconocimiento facial(face landmark detection), el seguimiento de la mano(hand landmark detection), detección de poses(pose landmark detection), entre otras soluciones [24],[25].

En la Figura 3, se visualizan los 33 puntos de referencia del modelo pose landmark detection, los cuales están distribuidos estratégicamente en cada zona corporal:

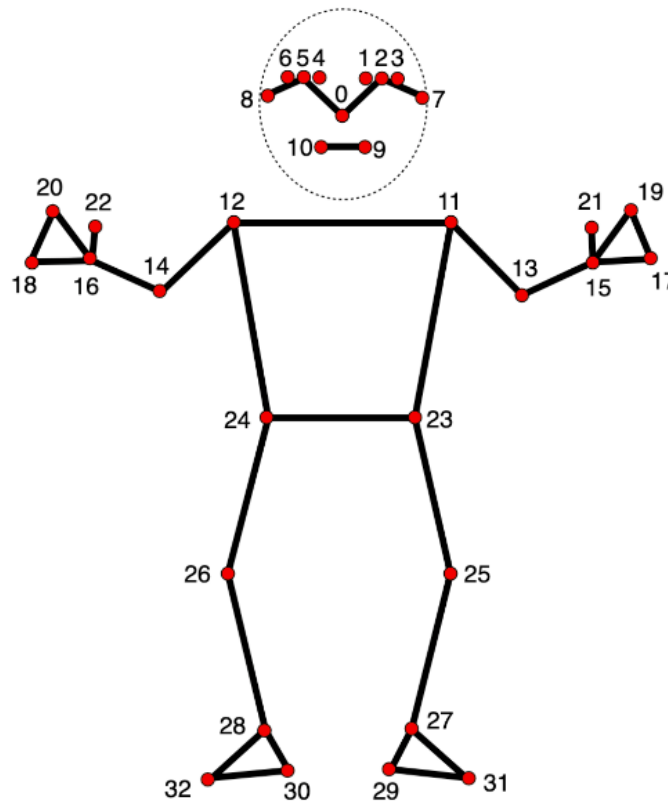


Figura 3: Pose landmark detection

Fuente: [26]

2.6. Metodología Kanban

El término japonés Kanban, introducido por Taiichi Onho de Toyota, hace referencia a un sistema visual utilizado en los procesos de producción. Este sistema coordina la entrega puntual de cada componente en una cadena de montaje, evitando la sobreproducción y el almacenamiento innecesario. En el contexto de la gestión ágil de proyectos, Kanban se refiere a técnicas de visualización de información destinadas a mejorar la eficiencia en la ejecución de las tareas [27].

Dentro de la metodología, existe 3 principios fundamentales con relación a la gestión del cambio [28]:

1. Comienza con lo que se está haciendo actualmente, lo que implica comprender los procesos actuales y cómo se llevan a cabo, respetando los roles, responsabilidades y puestos de trabajo de cada operario.
2. Promueve la mejora continua mediante cambios evolutivos.
3. Impulsar el liderazgo en todos los niveles.

2.7. Modelo de calidad FURPS

Es un modelo de calidad de software creado por Hewlett-Packard en 1987, en el cual se establecen una serie de factores de calidad de software conocidos bajo el acrónimo FURPS. Estos criterios incluyen: funcionalidad, usabilidad, confiabilidad, portabilidad y soportabilidad. Este modelo ha sido empleado en el diseño y validación de interfaces para usuarios finales, con el objetivo de producir un producto final que cumpla con las reglas del negocio [29].

El modelo FURPS determina que las métricas que permiten determinar cuál tecnología proporciona mejores características son: Eficacia, Tiempo de respuesta y Utilización de recursos [30].

Los parámetros y valores de análisis de rendimiento del modelo FURPS se detallan en la Tabla 4, a continuación:

Tabla 4: Parámetros y valores de análisis del modelo FURPS

Parámetro	Modelo FURPS
Eficacia	95%
Tiempo de respuesta	5s
Utilización de recursos	25%

Fuente: [31]

La definición de los parámetros mencionados es:

- **Eficacia:** Es la capacidad de la aplicación para poder completar las tareas asignadas y cumplir con un objetivo propuesto.
- **Tiempo de respuesta:** Es el lapso del tiempo que la aplicación tarda en responder a las acciones ejecutadas por el usuario.
- **Utilización de recursos:** Hace referencia a la cantidad de recursos del sistema (CPU, RAM, Disco) necesarios para el correcto funcionamiento de la aplicación.

2.8. JMeter

Es un software libre desarrollado en Java por Apache Software Foundation (ASF), que permite analizar y medir el desempeño de una variedad de servicios, con enfoque en aplicaciones web, se destaca por tener una gran comunidad, soporte para plugins y ofrecer una documentación extensa [32],[33].

En la Figura 4, se representa el logo de JMeter:



Figura 4: Logo JMeter

Fuente: [34]

JMeter puede usarse como herramienta de prueba unitaria para conexiones de bases de datos JDBC, FTP, LDAP, servicios web, JMS, HTTP, conexiones TCP genéricas y procesos OS Native. También se puede utilizar para simular una carga pesada en un servidor generando múltiples subprocesos de usuario al mismo tiempo para probar su solidez o analizar el rendimiento general bajo diferentes tipos de carga. Además, admite la grabación de la sesión del navegador a través del servidor proxy y la reproduce para ofrecer diferentes parámetros de rendimiento como tiempo de respuesta, rendimiento, latencia, bytes de respuesta y tiempo de carga. Ofrece diferentes representaciones de los resultados, ya sea en forma de árbol, tabla o gráficos [35].

CAPÍTULO III. METODOLOGIA

Este proyecto de investigación tuvo énfasis en realizar un análisis cuantitativo, con la finalidad de evaluar el rendimiento de la aplicación web utilizando el modelo de calidad FURPS.

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Según la fuente de investigación

- Investigación documental: Se realizó mediante el análisis de una variedad extensa de documentos, tales como libros y artículos científicos, con el fin de analizar la tecnología Computer Vision, siendo fundamental como base para el proyecto.

3.1.2. Según el objeto de estudio

- Investigación aplicada: Esta investigación se caracteriza por su enfoque aplicado, al centrarse en el aplicativo para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas, empleando la tecnología Computer Vision. Logró integrar la teoría con la práctica para una implementación efectiva.
- Investigación descriptiva: Esta investigación adoptó una naturaleza descriptiva, con el propósito de analizar y exponer los resultados obtenidos de la evaluación del rendimiento de la aplicación web utilizando el modelo de calidad FURPS.

3.2. Técnicas de recolección de datos

La herramienta utilizada para la recopilación de datos para los resultados de este estudio fue JMeter.

- JMeter: Esta herramienta evaluó el rendimiento del sistema y obtuvo datos numéricos de la eficacia, tiempo de respuesta y utilización de recursos.

3.3. Población de estudio y tamaño de la muestra

El rendimiento del sistema se evaluó con el software JMeter que permite de crear escenarios con un número ilimitado de usuarios simulados, por tal motivo la población de estudio es considerada como infinita.

3.4. Métodos de análisis, y procesamiento de datos

Las mediciones de rendimiento se las realizaron utilizando la herramienta JMeter, la cual generó datos numéricos que están relacionados a la eficacia, tiempo de respuesta y utilización de recursos.

3.5. Identificación de variables

3.5.1. Variable independiente

Aplicación web.

3.5.2. Variable dependiente

Rendimiento de la aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision.

3.6. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables de esta investigación se detalla en la Tabla 5, a continuación:

Tabla 5: Operacionalización de variables

PROBLEMA	TEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	CONCEPTUALIZACION	DIMENSION	INDICADORES
		GENERAL	INDEPENDIENTE			
		Implementar una aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision.	Aplicación Web.	Una aplicación web es un software cliente-servidor que permite realizar funciones determinadas en internet.	Desarrollo software	Independiente: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de desarrollo • Número de líneas de código • Número de funcionalidades
¿El uso de la tecnología Computer Vision incidirá en el rendimiento de una aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas?	Aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision.	<p>ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigar la tecnología Computer Vision y su aplicación en la salud ocupacional. • Desarrollar la aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision. • Evaluar el rendimiento de la aplicación web utilizando el modelo de calidad FURPS. 	DEPENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento se refiere a la eficiencia y capacidad de respuesta de la aplicación en relación con la experiencia del usuario y la capacidad de manejar cargas de trabajo específicas. • Computer Vision pertenece al ámbito de la Inteligencia Artificial e Informática, y se encarga de enseñar a las computadoras a 'ver' y comprender el contenido presente en las imágenes digitales • El modelo FURPS se reconoce como un modelo de calidad fijo el cual es usado para realizar la evaluación de la calidad de un producto. 	Rendimiento	Dependiente: <ul style="list-style-type: none"> • % Eficacia • % Tiempo de respuesta • % Utilización de recursos

3.7. Desarrollo

3.7.1. Análisis de requerimientos

En la figura 5. se representa el flujo de la aplicación web.

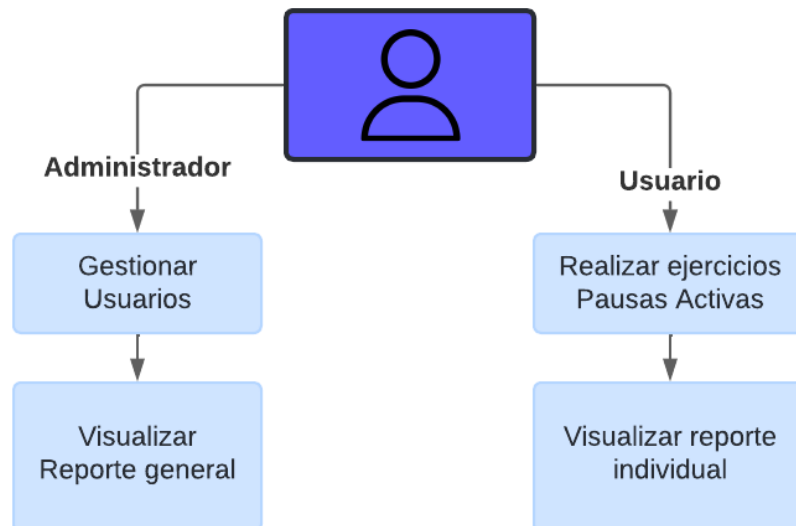


Figura 5: Flujo de la aplicación web

Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales constituyen una explicación de las acciones que el sistema debe llevar a cabo e indican las capacidades que el sistema final debe tener la capacidad de ejecutar. En la Tabla 6 se detallan los requisitos funcionales del proyecto:

Tabla 6: Requisitos funcionales

Identificador	Requisito	Descripción	Prioridad
RF1	Módulo Registro	Permite crear usuarios agregándole datos personales.	Alta
RF2	Módulo Login	Permite ingresar a la aplicación web validando las credenciales del usuario.	Alta
RF3	Módulo Chatbot	Permite chatear con una IA que proporciona datos relevantes sobre la Aplicación Web.	Alta
RF4	Módulo Ejercicios de Pausas Activas utilizando Computer Vision	Integra la tecnología Computer Vision y permite al usuario realizar los ejercicios.	Alta
RF5	Módulo Administrador	Permite gestionar los usuarios, visualizar y descargar un	Alta

			reporte general del histórico de ejercicios realizados por los usuarios.	
RF6	Módulo Reportes Histórico Ejercicios de Pausas Activas		Permite observar un reporte con el histórico de los ejercicios realizados por el usuario.	Alta

Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales constituyen criterios que permiten evaluar el desempeño de un sistema en lugar de analizar sus comportamientos específicos, los requisitos no funcionales se detallan en la Tabla 7:

Tabla 7: Requisitos no funcionales

Identificador	Requisito	Descripción	Prioridad
RNF1	Seguridad	Establecer procedimientos de seguridad para proteger los datos contra accesos no autorizados.	Alta
RNF2	Rendimiento	Garantizar tiempos de respuesta rápidos y un procesamiento de datos eficaz.	Alta
RNF3	Disponibilidad	Mantener la aplicación accesible a los usuarios, reduciendo al mínimo los tiempos de servicio.	Alta
RNF4	Usabilidad	Elaborar una interfaz de usuario intuitiva, que sea fácil de entender, usar y navegar por el usuario.	Alta
RNF5	Funcionalidad	Garantizar que todas las funcionalidades requeridas en la aplicación se efectúen correctamente.	Alta

3.7.2. Diagramas de casos de uso

Sistema

En la Figura 6, se presenta el diagrama de uso del funcionamiento generalizado de la aplicación web.

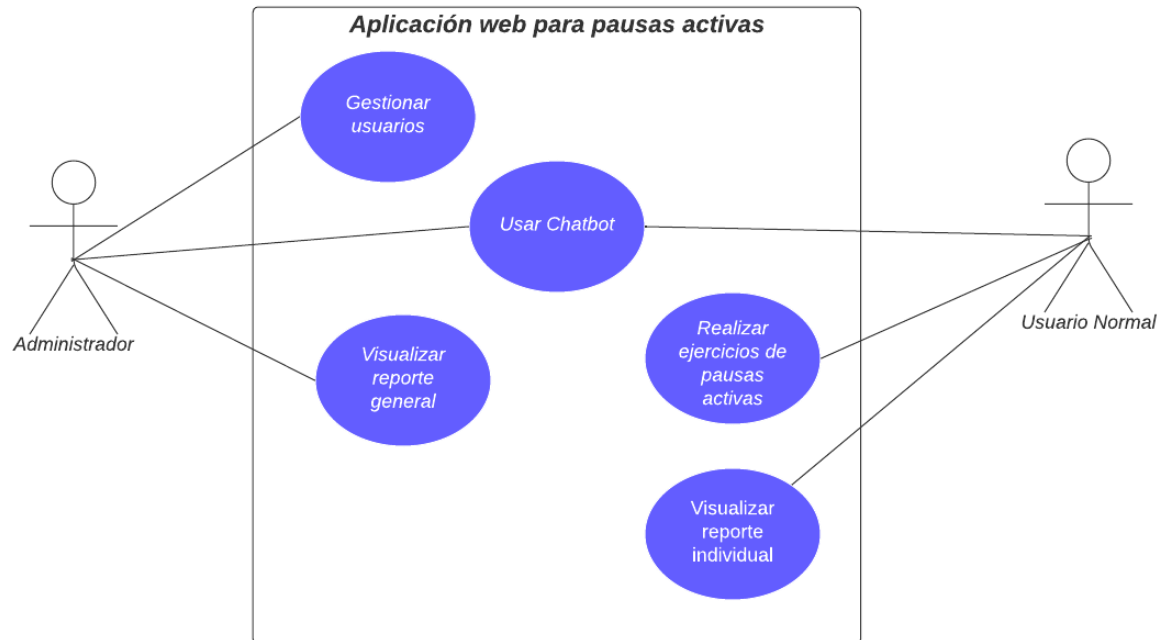


Figura 6: Casos de uso de la aplicación web

Usuario – Administrador

En la Figura 7, se presenta el diagrama de uso de las acciones que lleva a cabo el Usuario-Administrador.

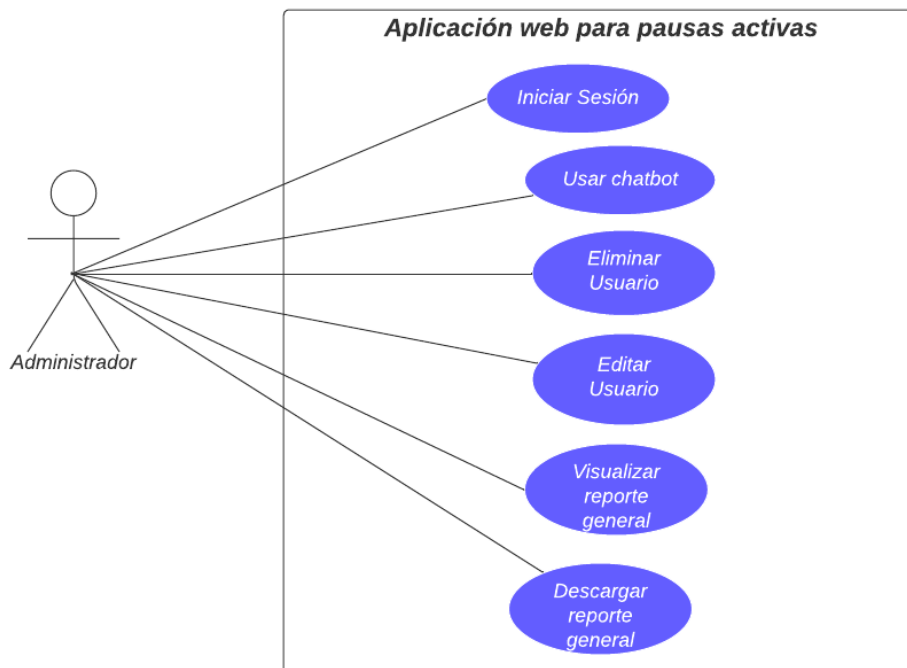


Figura 7: Casos de uso acciones Usuario-Administrador

Usuario – Normal

En la Figura 8, se presenta el diagrama de uso de las acciones que lleva a cabo el Usuario-Normal.

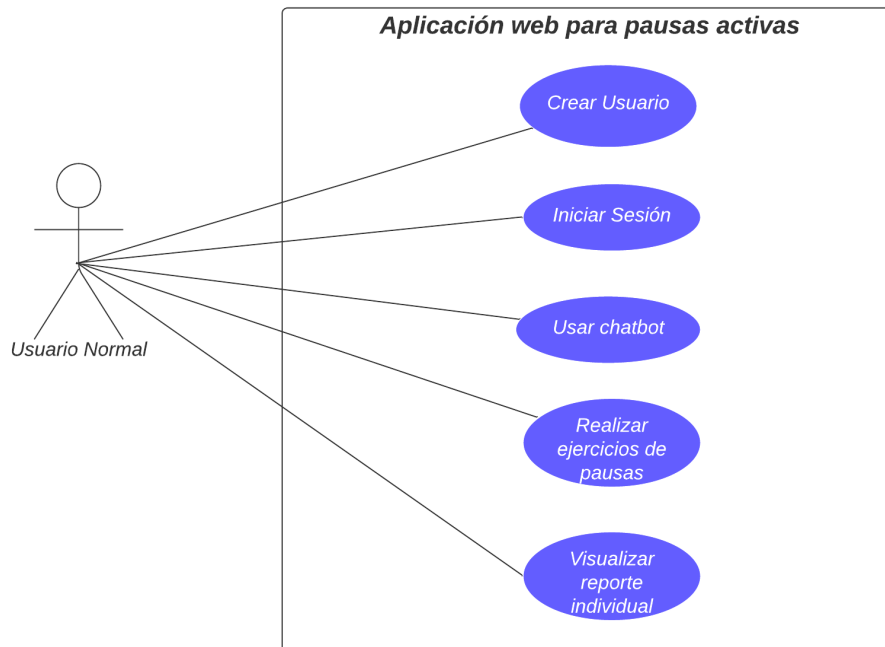


Figura 8: Casos de uso acciones Usuario-Normal

3.7.3 Diseño de arquitectura

Vista conceptual

La aplicación web se estructura de la siguiente forma: módulo de registro, módulo de login, módulo de chatbot, módulo de ejercicios pausas activas utilizando Computer Vision, módulo de reportes histórico ejercicios de Pausas Activas y módulo de administrador. En la Figura 9, se observa la vista conceptual de la aplicación web.

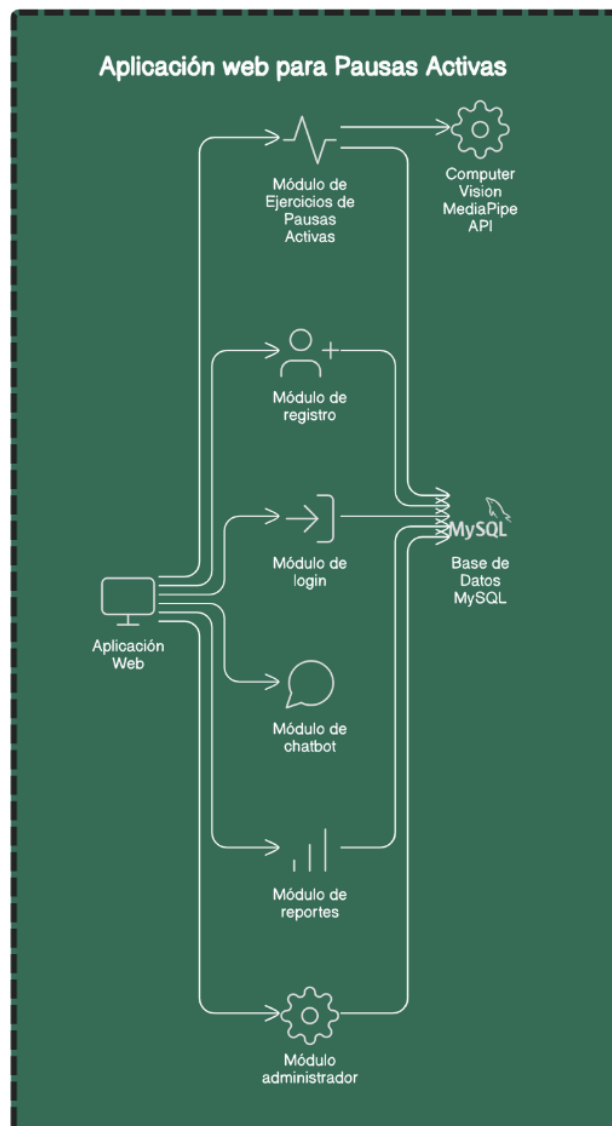


Figura 9: Vista conceptual

Patrón de diseño

Para el desarrollo de la aplicación web se utilizó el framework Django, el cual maneja un patrón de diseño MVT (Model View Template), que ayuda a estructurar de una forma organizada el proyecto.

Model: Maneja todo lo relacionado con la información, esto incluye como acceder a esta, la validación, relación entre los datos y su comportamiento.

View: Maneja la lógica del negocio y controla qué datos se muestran al usuario. Las views en Django reciben solicitudes del usuario, interactúan con los modelos y seleccionan la plantilla adecuada para devolver una respuesta.

Template: Es la capa de presentación que define cómo se visualizan los datos. Las templates Django son archivos HTML que pueden contener marcadores de plantilla, lo que permite incrustar dinámicamente contenido del backend en las páginas web.

En la Figura 10, se observa el patrón de diseño de la aplicación web para pausas activas desarrollada en Django.

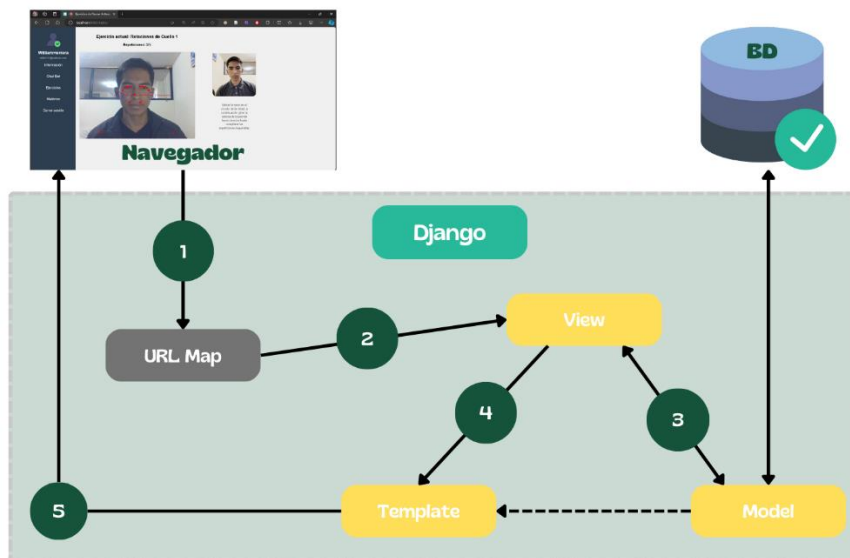


Figura 10: Patrón de diseño MVT (Model View Template)

Cuando se hace click en un enlace o se escribe una ruta URL en el navegador (1), como primer procedimiento se accede al URL Map, en este archivo cada ruta URL está asociada con una View (2), si se necesita algún dato se solicita a Model (3) el cual a su vez genera la consulta a la Base de Datos (BD), cuando los datos han sido traídos desde la BD estos son enviados al Template (4) que contiene la lógica de presentación para los datos. Finalmente, luego de preparar la página esta se envía al navegador que hizo la solicitud (5).

3.7.4. Estructura de la base de datos

La Figura 11, se observa el diagrama entidad relación de la aplicación web para pausas activas.

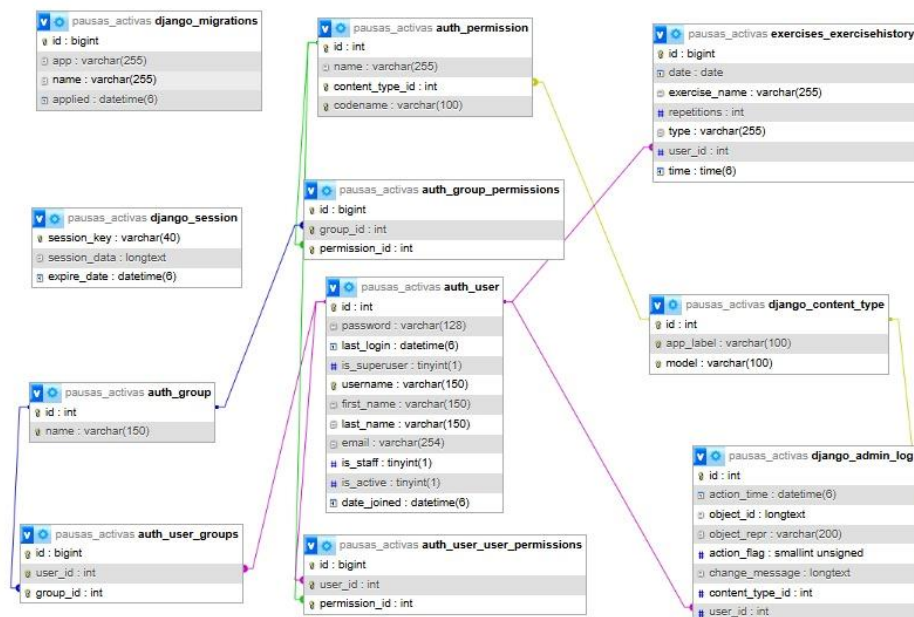


Figura 11: Diagrama entidad - relación

3.7.5. Desarrollo de la aplicación web aplicando Kanban

Para el desarrollo de la aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision se utilizó la metodología de desarrollo ágil Kanban, en el cual se definieron las tareas a realizar en la fase del desarrollo de la aplicación web, para llevar a cabo la metodología se utilizó Microsoft Planner.

Actividades del tablero Kanban

Las tareas definidas para el tablero de Kanban fueron:

- **Por hacer:** Aquí se ubican las tareas que están por empezar a desarrollarse y que están pendientes. Las tareas se ordenan de forma ascendente a descendente dependiendo de su prioridad.
- **En desarrollo:** Aquí se ubican las tareas que se encuentran en desarrollo por los participantes.
- **En revisión:** Aquí se ubican las tareas que completaron la fase de desarrollo y entran en un estado de evaluación para determinar si serán consideradas como completadas.
- **Completado:** Aquí se ubican las tareas que pasaron la revisión y se encuentran terminadas.

Flujo de trabajo

Empieza con la identificación de las tareas por hacer, que luego pasan a desarrollarse y revisarse hasta finalmente ser completadas. En la Figura 12, se representa el flujo de trabajo.

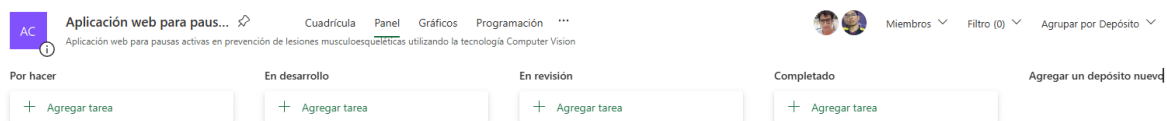


Figura 12: Flujo de Trabajo

Por hacer: Se colocan las tareas que aún están en su fase inicial, las cuales se organizan según su importancia, empezando por aquellas de mayor necesidad. En la Figura 13, se visualiza las tareas por hacer.

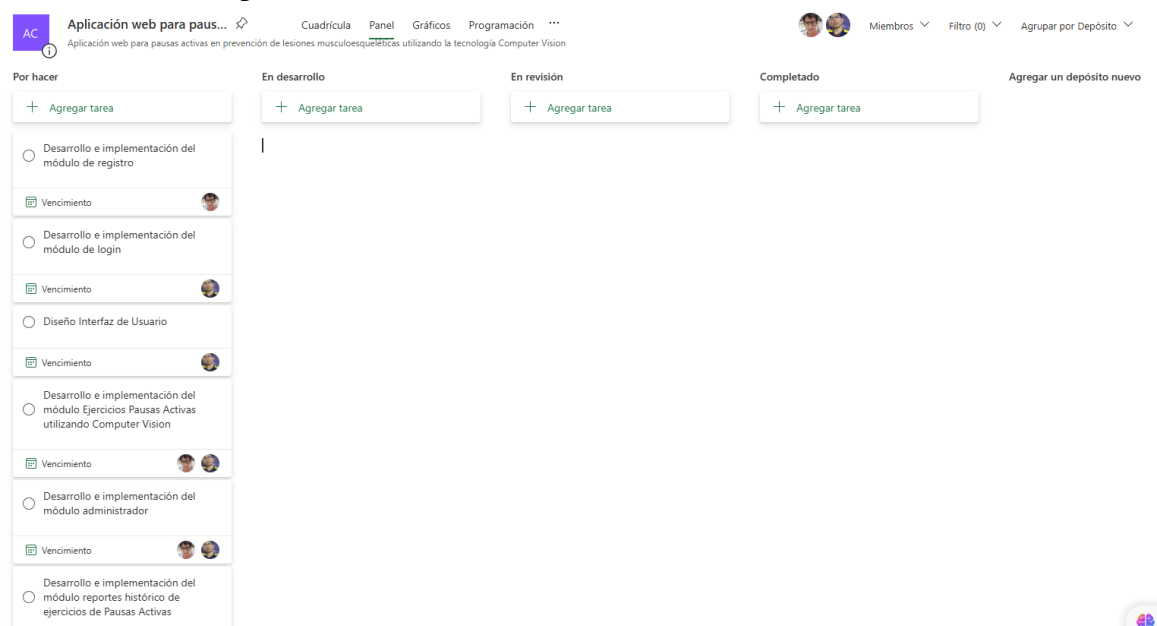


Figura 13: Fase 1 Kanban - Por hacer

En desarrollo: Se colocan las tareas que se encuentran en desarrollo. En La Figura 14, muestra el avance del desarrollo de la aplicación web.

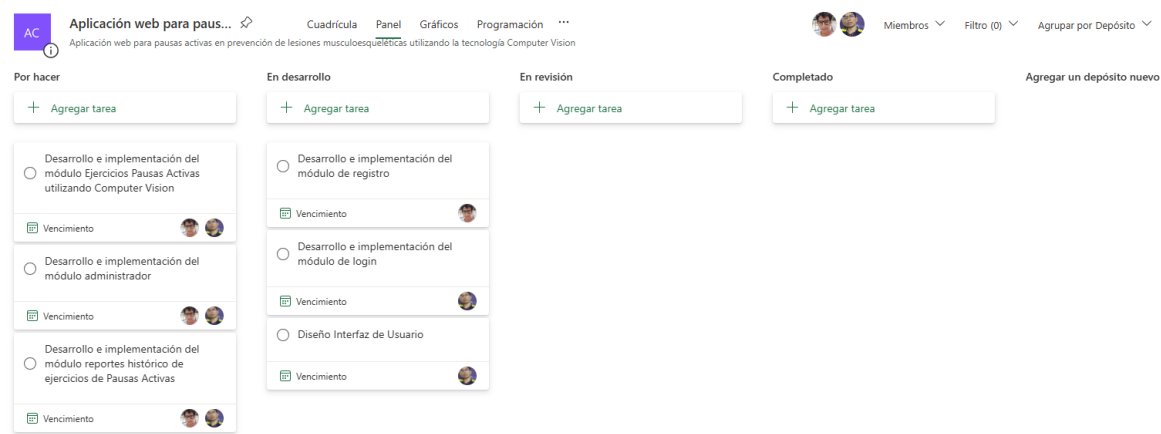


Figura 14: Fase 2 Kanban – En desarrollo

En Revisión: Se colocan las tareas que han sido desarrolladas y se encuentran listas para ser revisadas antes de pasar a la siguiente fase. En la Figura 15, se detallan las tareas en revisión.

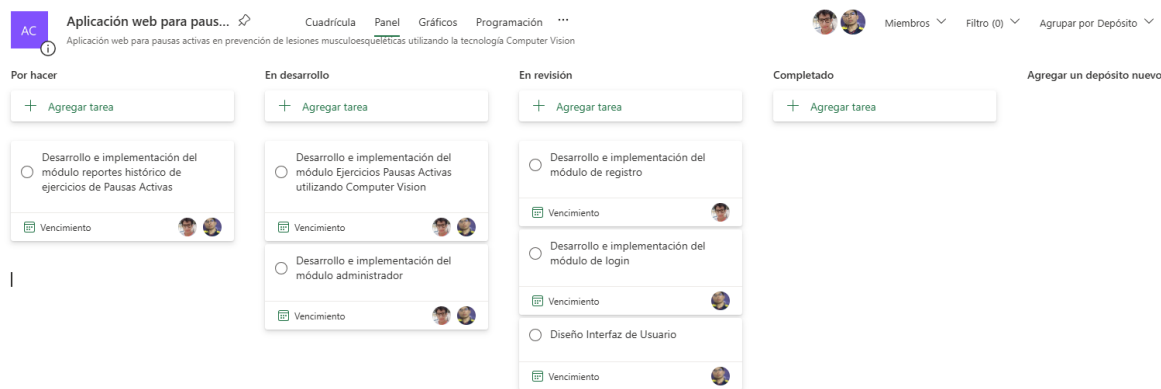


Figura 15: Fase 3 Kanban – En revisión

Completado: Se colocan las tareas que han pasado la fase de revisión y han cumplido con todos los requisitos necesarios. En la Figura 16, se detallan las tareas completadas.

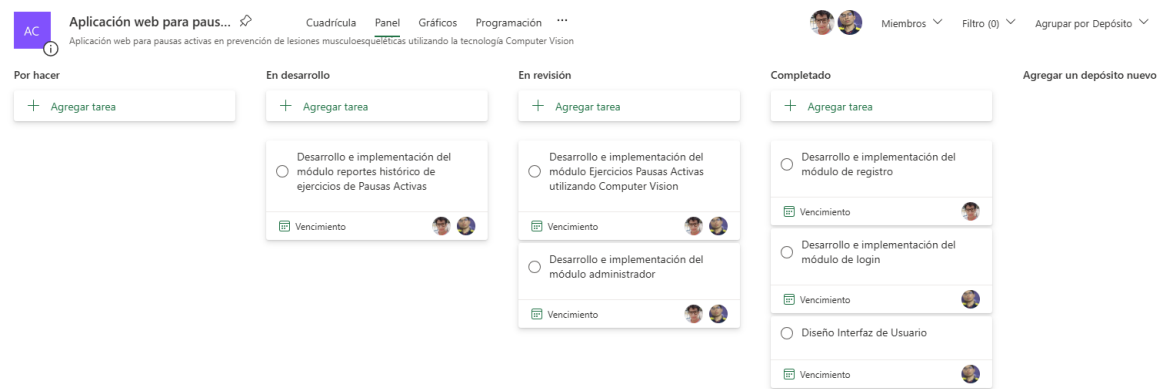


Figura 16: Fase 4 Kanban – Completado

Interfaz del módulo de Login

Permite el ingreso de los usuarios dependiendo de su rol, el cual puede ser: Administrador o Usuario Normal. En la Figura 17, se observa la interfaz del módulo de Login.

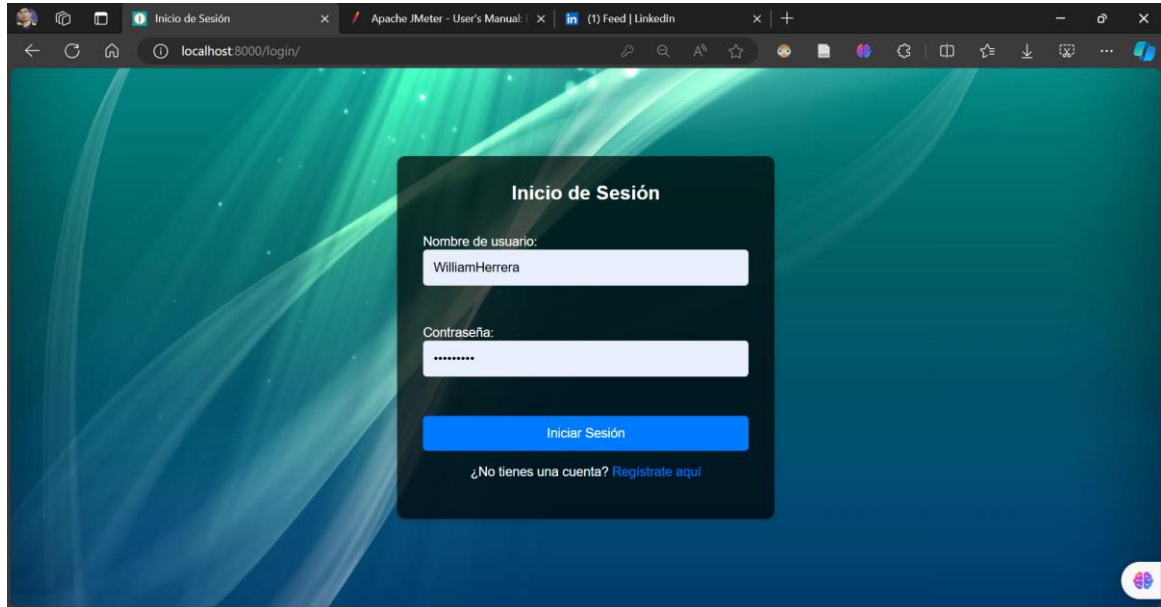


Figura 17: Módulo Login

Interfaz del módulo de Registro

Permite el registro de los usuarios, en el cual se solicitan datos como Nombre de usuario, Correo electrónico, Contraseña y Confirmar contraseña. En la Figura 18, se observa la interfaz del módulo de Registro.

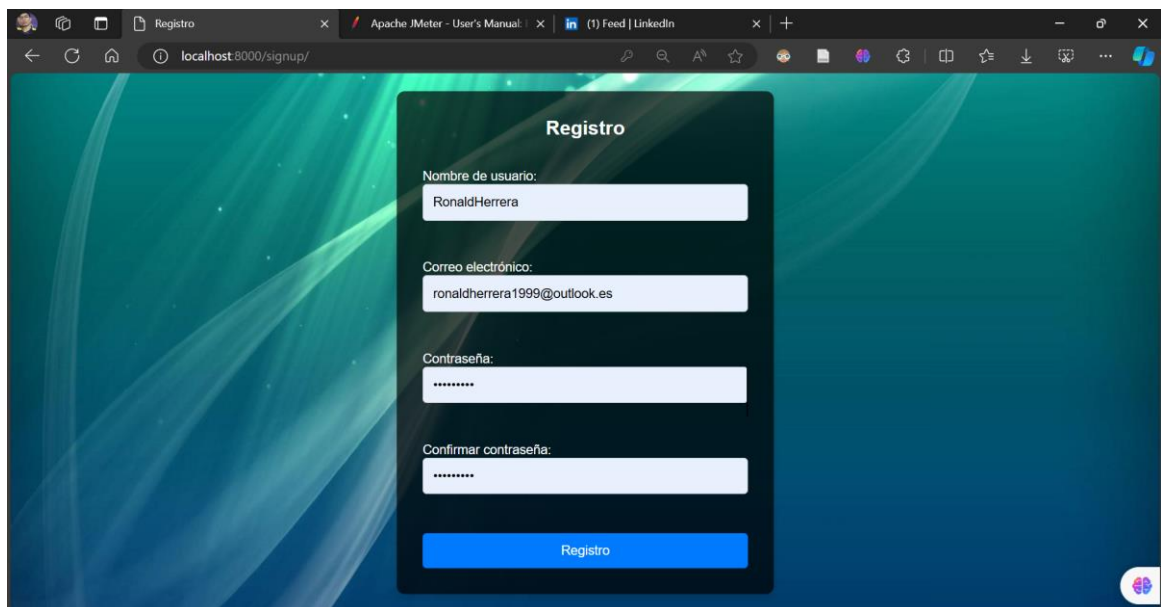


Figura 18: Módulo Registro

Interfaz del módulo de Chatbot

Permite interactuar con una Inteligencia Artificial (IA), a la se le puede preguntar sobre inquietudes relacionadas a la aplicación web. En la Figura 19, se observa la interfaz del módulo de chatbot.

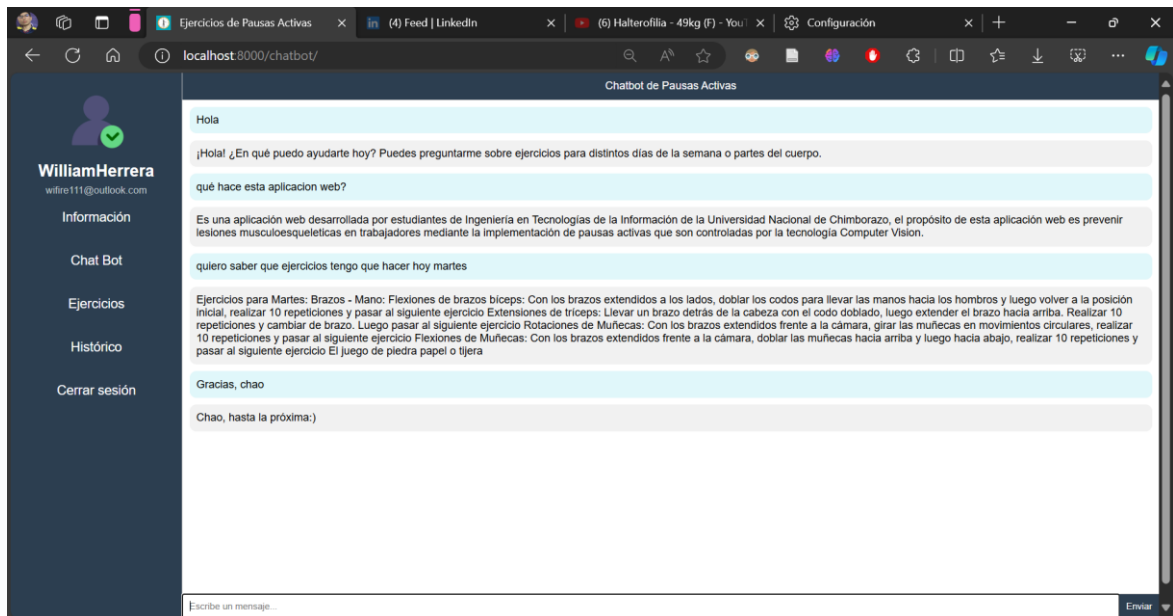


Figura 19: Módulo ChatBot

Interfaz del módulo de Ejercicios de Pausas Activas utilizando Computer Vision

Es la que integra Computer Vision, permite al usuario normal realizar su rutina diaria de Pausas Activas de diferentes grupos musculares ubicados en zonas como: Cuello, Brazos, Espalda y Piernas, en base al día de la semana en que se encuentre conectado. En la Figura 20, se observa la interfaz del módulo de Ejercicios de Pausas Activas.

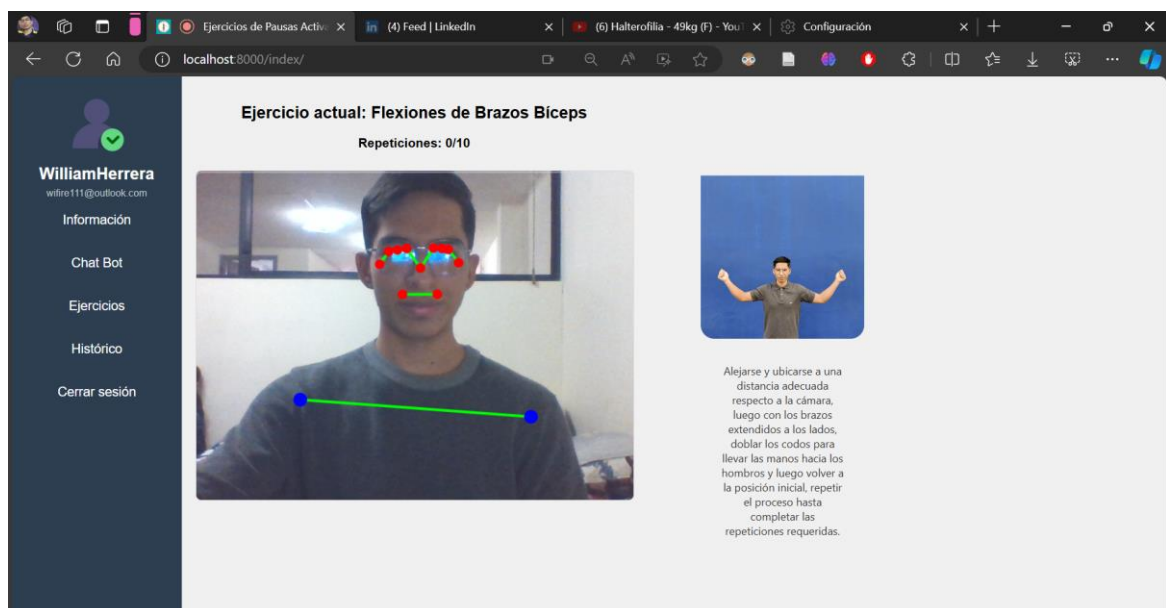


Figura 20: Módulo Ejercicios de Pausas Activas utilizando Computer Vision

Interfaz del módulo de Reportes Histórico individual

Permite al usuario normal dar seguimiento de que ejercicios y cuantas repeticiones realiza en las rutinas que realiza por día. En la Figura 21, se observa la tabla de ejercicios en donde se detalla la fecha, hora, nombre de ejercicio y repeticiones que realizo por día.

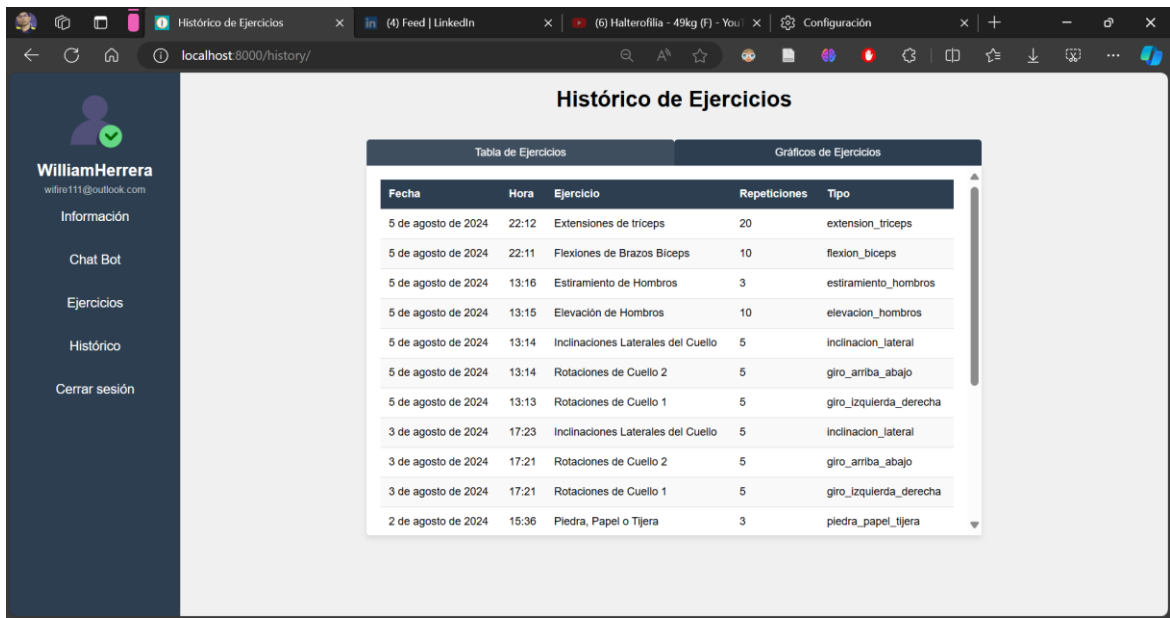


Figura 21: Módulo Reportes Histórico Individual 1

En la Figura 22, se observa una gráfica de ejercicios en donde se detalla de forma visual el histórico de ejercicios realizados por el usuario normal.

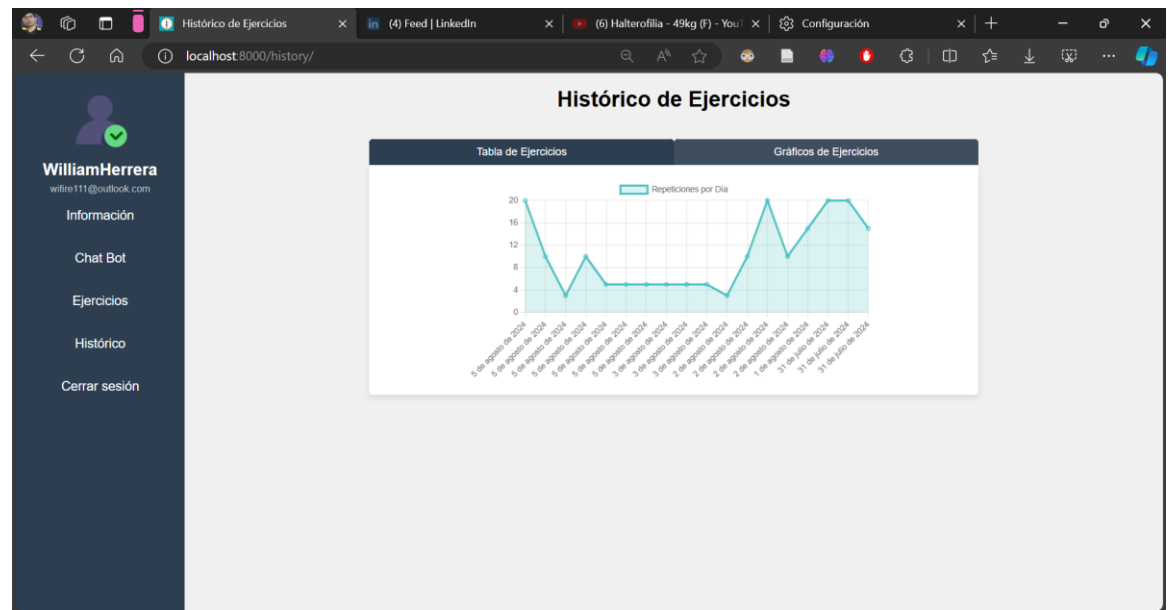


Figura 22: Módulo Reportes Histórico Individual 2

Interfaz del módulo de Administrador

Permite al administrador gestionar los usuarios que están registrados en la aplicación web. En la Figura 23, se observa el CRUD del administrador que cuenta con funcionalidades como Editar y Eliminar.

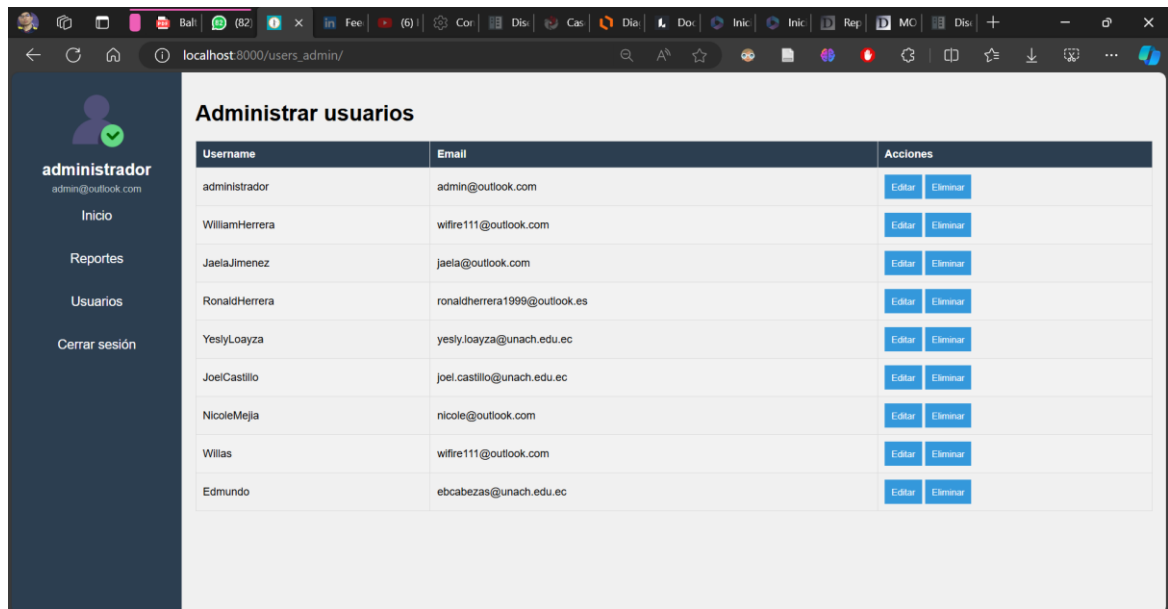


Figura 23: Módulo Administrador

Interfaz del módulo de Reportes Histórico General

Permite al administrador visualizar un Dashboard con datos relevantes sobre los ejercicios de pausas activas realizados por los usuarios, además cuenta con una gráfica que muestra el número de usuarios conectados por día y una opción que le permite descargar toda la información en formato Excel. En la Figura 24, se observa el módulo reportes histórico general.

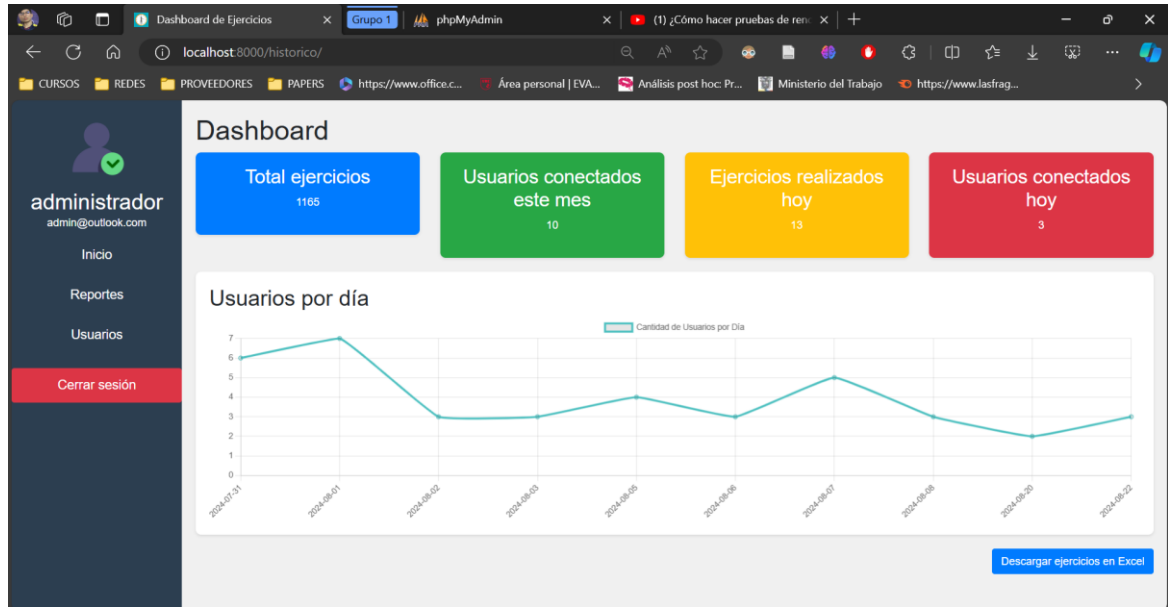


Figura 24: Módulo Reportes Histórico General

Implementación de tecnología Computer Vision

En la pantalla principal de la aplicación web (index.html), se agregan los scripts que solicitan los recursos a la red CDN (Content Delivery Network), CDN es una red distribuida de servidores que se utiliza para entregar contenido web a los usuarios basándose en la ubicación geográfica del usuario. Cuando el usuario solicita un script de JavaScript, la CDN le entrega el archivo desde el servidor más cercano a su ubicación, lo que reduce la latencia y mejora los tiempos de carga. Esto permite que el modelo funcione directamente desde una URL externa sin necesidad de descargar archivos localmente. Los recursos que utiliza la aplicación web pertenecientes a la librería de MediaPipe son: camera_utils.js, control_utils.js, drawing_utils.js, hands.js, pose.js. Además, en este archivo (Index.html) se configura el control de los ejercicios dependiendo del día de la semana en el que el usuario se logee a la aplicación web. En la Figura 25 se observa la implementación de la tecnología Computer Vision.

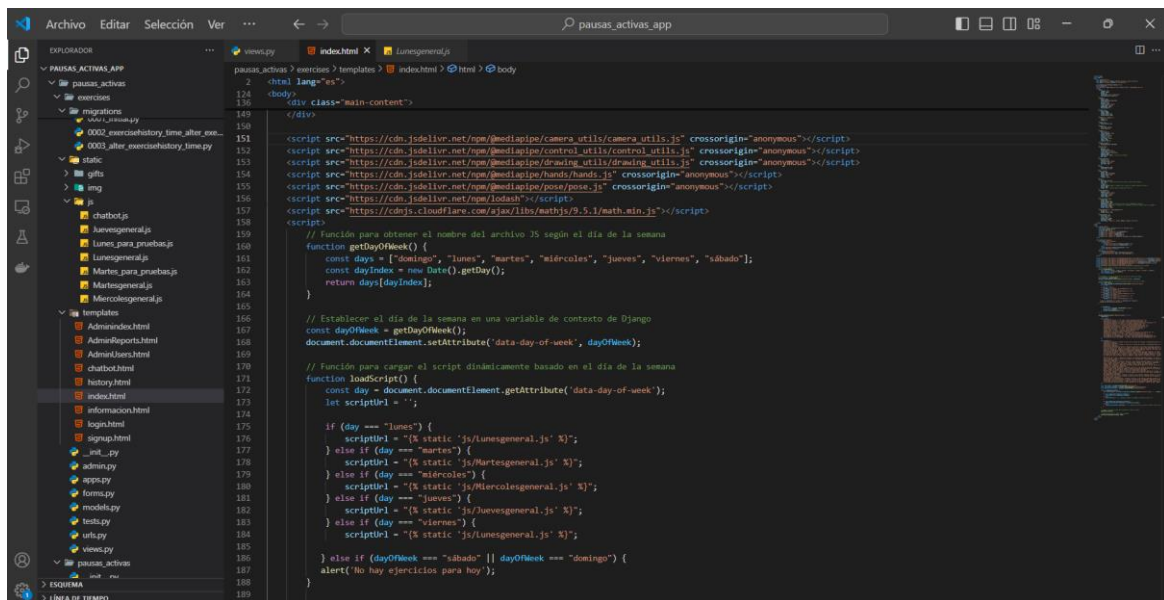


Figura 25: Implementación de tecnología Computer Vision

En los archivos .Js de cada día de la semana, se configura el modelo de MediaPipe Pose para que utilice archivos hospedados en la red CDN. La clase Pose es parte de la biblioteca MediaPipe, que se utiliza para la detección de poses humanas en imágenes y videos. En la Figura 26 se observa la implementación de la API de Mediapipe por medio de una CDN.

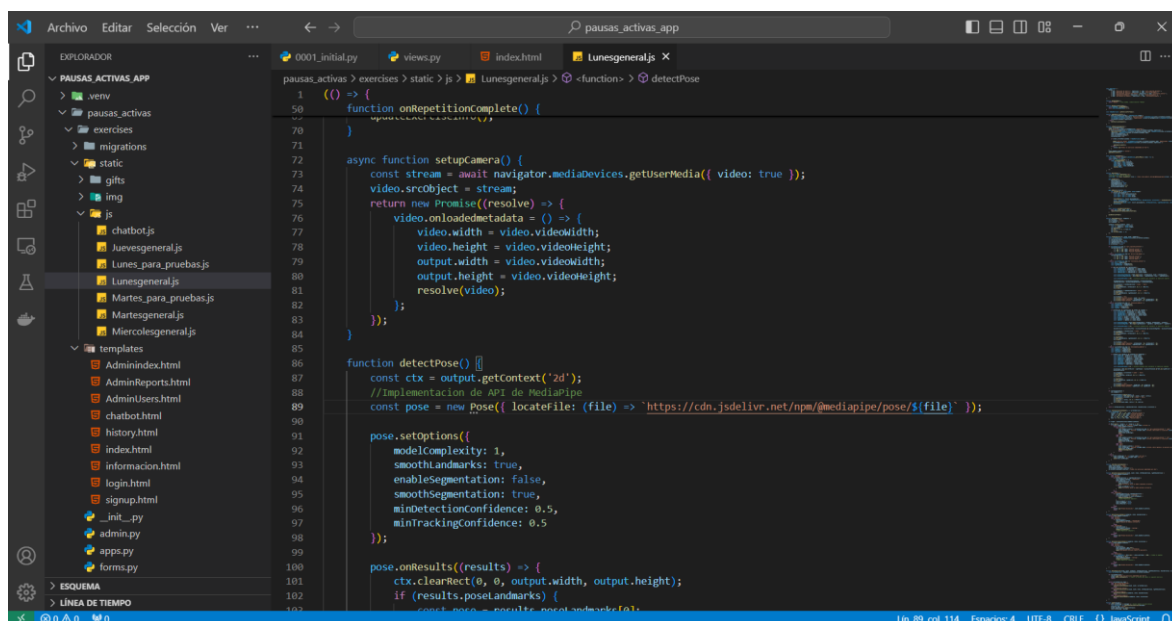


Figura 26: Implementación de tecnología Computer Vision en Lunesgeneral.js

3.7.6. Planificación de pruebas

Para evaluar el rendimiento de la aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando Computer Vision, se seleccionó la herramienta Apache JMeter. Se eligió esta herramienta porque se puede utilizar para simular una carga pesada en un servidor generando múltiples subprocesos de usuario al mismo tiempo para probar su solidez o analizar el rendimiento general bajo diferentes tipos de carga.

La Tabla 8, muestra los indicadores de rendimiento que se evaluaron con la herramienta JMeter.

Tabla 8: Indicadores de rendimiento JMeter

Indicadores	Descripción
Eficacia	Es la capacidad de la aplicación para poder completar las tareas asignadas y cumplir con un objetivo propuesto.
Tiempo de respuesta	Es el lapso del tiempo que la aplicación tarda en responder a las acciones ejecutadas por el usuario.
Utilización de recursos	Hace referencia a la cantidad de recursos del sistema (CPU, RAM, Disco) necesarios para el correcto funcionamiento de la aplicación.

3.7.7. Ejecución de las pruebas

En JMeter se diseñó pruebas para cada módulo de la aplicación web para Pausas Activas, en donde se simuló la actividad de 2 bucles de 30 solicitudes de parte de usuarios concurrentes en un periodo de 15 segundos para el método GET, este enfoque permitió evaluar la

capacidad del sistema para manejar cargas significativas y detectar áreas donde podría haber limitaciones o puntos de mejora en el rendimiento. En la Figura 27, se observa la configuración realiza en Thread Group para cada módulo.

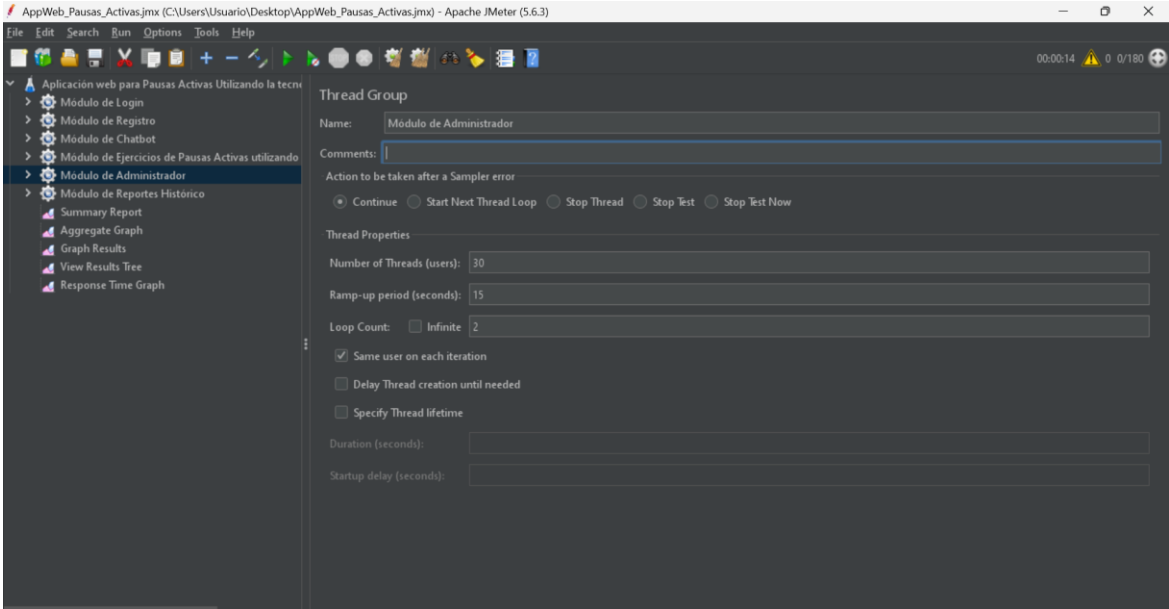


Figura 27: Configuración Thread Group JMeter

En la Figura 28, se observa la configuración del HTTP Request del método GET del módulo de Ejercicios de Pausas Activas.

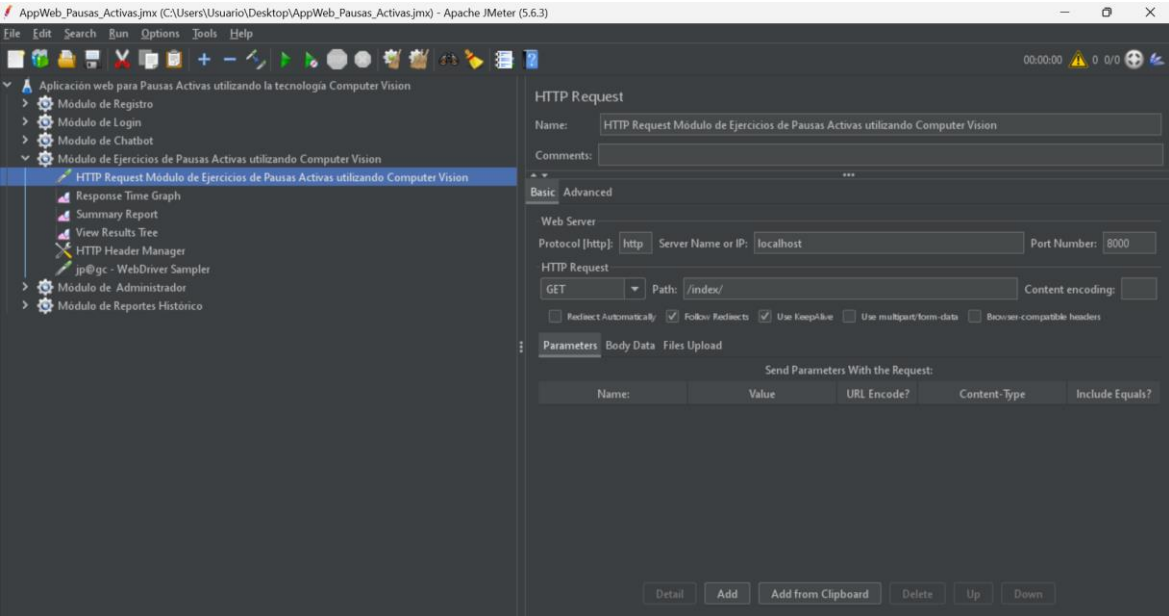


Figura 28: Configuración Thread Group JMeter

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

En la fase inicial del proyecto se llevó a cabo un análisis profundo sobre la tecnología Computer Vision y su aplicación en la salud ocupacional, dando como resultado que, si es posible aplicarlo en el contexto de una aplicación web para pausas activas, además se analizó herramientas para llevar a cabo la implementación de esta tecnología, por tal razón, se eligió la biblioteca de software de código abierto creada por Google, llamada MediaPipe. La misma brindó un conjunto de algoritmos y modelos preentrenados que utilizan redes neuronales convolucionales que permitieron aprovechar las capacidades de la Inteligencia Artificial (IA) para realizar tareas como el seguimiento de objetos (object detection), la detección de gestos (gesture recognition), el reconocimiento facial (face landmark detection), el seguimiento de la mano (hand landmark detection) y detección de poses (pose landmark detection).

Al finalizar el desarrollo de la aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision, la aplicación se sometió a evaluaciones de rendimiento, las cuales fueron aplicadas mediante la herramienta JMeter. Se consideró los criterios proporcionados por el modelo de calidad FURPS: Eficacia, tiempo de respuesta y utilización de recursos. En la Figura 29, se observa un Summary Report con los resultados de la evaluación de rendimiento realizada a cada módulo de la aplicación web.

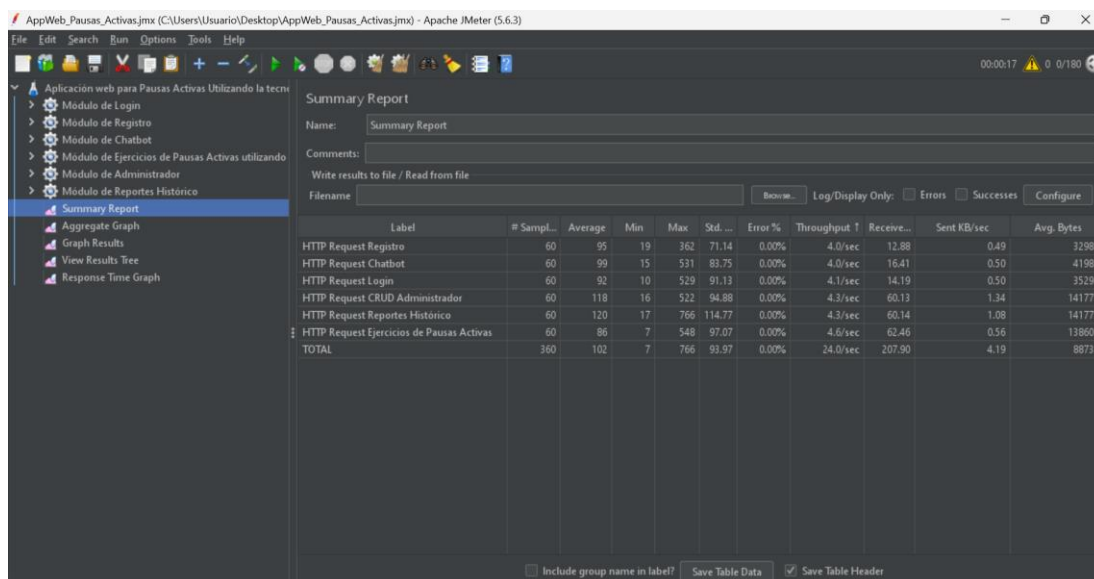


Figura 29: Summary Report JMeter

En la figura 30, se observa el árbol de resultados, en el cual la herramienta JMeter muestra todas las solicitudes que obtuvieron una respuesta por parte de la aplicación web.

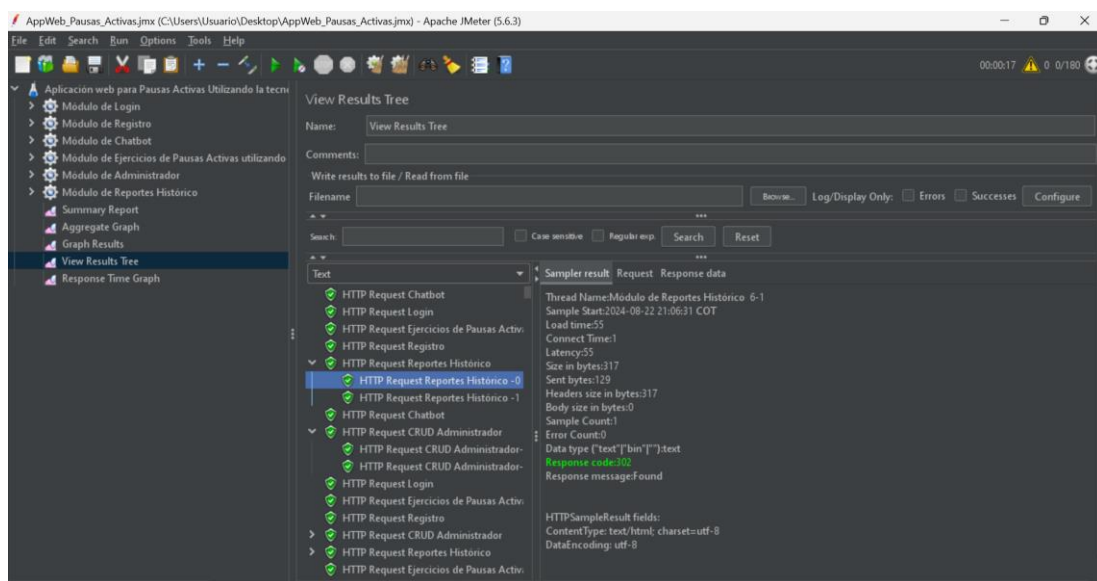


Figura 30: Árbol de resultados JMeter

En la Tabla 9, se muestra el total de solicitudes realizadas durante la ejecución de las pruebas, en la cual para cada módulo se realizaron 2 bucles de cargadas con 30 solicitudes en un periodo de 15 segundos, en total se registraron 360.

Tabla 9: Cantidad de solicitudes JMeter

Módulo	Cantidad de pruebas
Módulo Login	60
Módulo Registro	60
Módulo Chatbot	60
Módulo de Ejercicios Pausas Activas Utilizando Computer Vision	60
Módulo Administrador	60
Módulo Reportes Histórico	60

JMeter considera como exitoso un requerimiento cuando el módulo evaluado haya presentado el 0.00% de error. En la figura 31, se detalla la evaluación inicial realizada a la aplicación web que muestra el porcentaje de éxito de las pruebas realizadas.

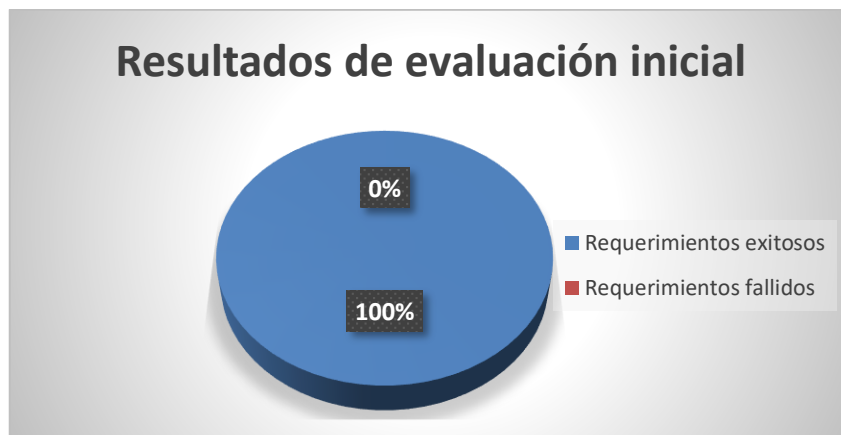


Figura 31: Porcentajes de resultados de evaluación inicial

4.2. Valoración de indicadores

4.2.1. Tiempo de desarrollo

El desarrollo de la aplicación tuvo un tiempo de 4 meses, se utilizó la metodología Kanban con las fases: Por hacer, En desarrollo, En revisión y Completado. Durante el desarrollo se consideró los siguientes módulos: Módulo Registro, Módulo Login, Módulo Chatbot, Módulo Ejercicios de Pausas Activas utilizando Computer Vision, Módulo Administrador y Módulo Reportes Histórico Ejercicios de Pausas Activas.

4.2.2. Número de líneas de código

La aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision abarco un total de 5.310 líneas de código.

4.2.3. Número de funcionalidades

La aplicación web incorporo un conjunto de 6 funcionalidades, siendo ellas:

- Modulo Registro.
- Modulo Login.
- Modulo Chatbot.
- Modulo Ejercicios de Pausas Activas utilizando Computer Vision.
- Modulo Administrador.
- Modulo Reportes Histórico Ejercicios de Pausas Activas.

4.2.4. Eficacia

En la tabla 10, se observa los resultados que avalan la eficacia de las solicitudes realizadas a la aplicación web, el cual fue del 100%.

Tabla 10: Indicador – Eficacia

Parámetros	Indicadores	Requerimientos
Eficacia	Requerimientos cumplidos del aplicativo	100%
	Requerimientos fallidos del aplicativo	0%

En la figura 32, se observa el porcentaje de eficacia que obtuvo la aplicación web para pausas activas tras la realización de las pruebas en JMeter, logrando un 100% de eficacia.

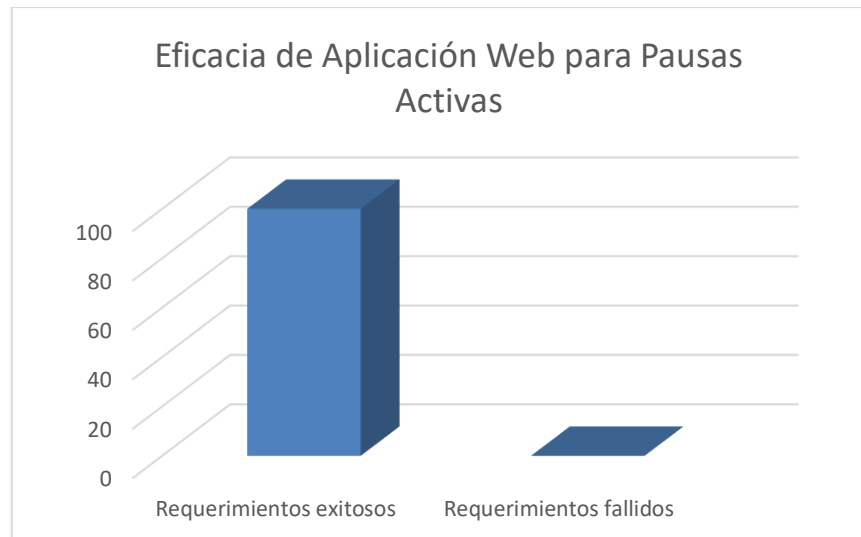


Figura 32: Eficacia de la Aplicación Web

4.2.5. Tiempo de respuesta

En la figura 33, se observa el tiempo de respuesta que tuvo la aplicación al realizarse 2 bucles de cargadas con 30 solicitudes en un periodo de 15 segundos a cada uno de los módulos, el promedio de tiempo de respuesta fue de 102 milisegundos, es decir 0.102 segundos.

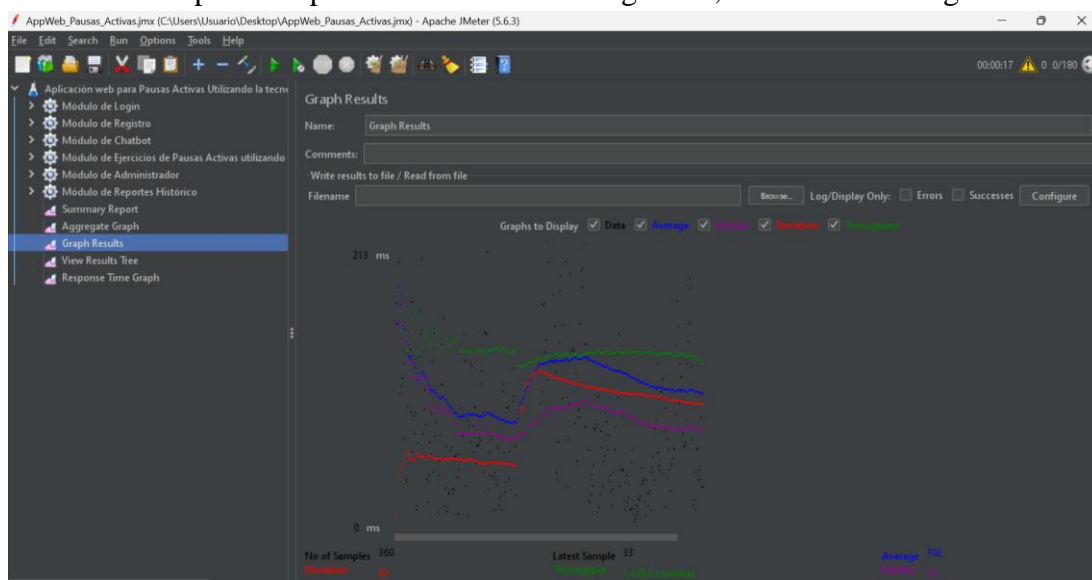


Figura 33: Gráfico de resultados

En la figura 34, se observa los tiempos de respuestas obtenidos al realizar solicitudes a cada uno de los módulos de la aplicación web, el tiempo de respuesta se situó en un rango de 59 a 170 Milisegundos.

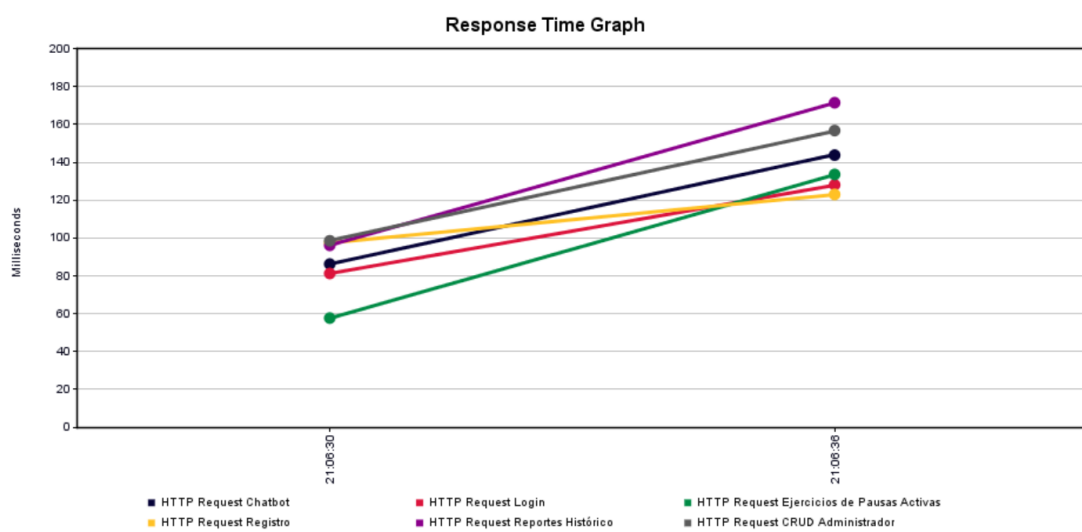


Figura 34: Tiempo de respuesta

4.2.6. Utilización de los recursos

En la tabla 11, se percibe el porcentaje de utilización de recursos que utilizó la aplicación web al momento de realizar la evaluación de rendimiento.

Tabla 11: Utilización de recursos

Parámetros	Indicadores	Consumo
Uso de recursos	Consumo CPU	18%
	Consumo RAM	40%
	Consumo Disco Duro	5%

4.2.7. Comparación entre los valores obtenidos y valores establecidos en el modelo de calidad FURPS

En la Tabla 12, se observa una comparativa de los valores obtenidos con los del modelo de calidad FURPS, comprobando que la aplicación cumple los estándares del modelo de calidad.

Tabla 12: Valores obtenidos vs modelo de calidad FURPS

Parámetros	Valores Obtenidos	Modelo FURPS
Eficacia	100%	95%
Tiempo de respuesta	0.102s	5s
Utilización de recursos	21%	25%

4.3. Discusión

Se optó por la herramienta JMeter para llevar a cabo la evaluación de los indicadores de rendimiento de la aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision.

Para evaluar el rendimiento de la aplicación web se utilizó el modelo FURPS, los criterios considerados fueron los siguientes: a) La eficacia del sistema en base al funcionamiento exitoso de las 6 funcionalidades se destacó al alcanzar un 100%, superando la satisfacción del 95% propuesta por el modelo, b) Tiempo de respuesta, el promedio del sistema se situó en 0.102 segundos, una cifra considerablemente inferior a los 5 segundos establecidos por el modelo, c) El promedio de utilización de recurso del sistema se ubicó en un 21%, ligeramente inferior al 25% indicado por el modelo de calidad FURPS.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La investigación acerca de la tecnología Computer Vision y su aplicación en la salud ocupacional permitió diseñar la aplicación web para pausas activas, algunos de los puntos clave es que se utilizó una biblioteca de software de código abierto creada por Google llamada MediaPipe que facilitó el desarrollo de la aplicación web que integra Computer Vision en tiempo real, la misma nos proporcionó un conjunto de algoritmos y modelos preentrenados que utilizan redes neuronales convolucionales que permitieron aprovechar las capacidades de la Inteligencia Artificial (IA) para realizar tareas como el seguimiento de objetos (object detection), la detección de gestos (gesture recognition), el reconocimiento facial (face landmark detection), el seguimiento de la mano (hand landmark detection) y detección de poses (pose landmark detection).
- Para desarrollar la aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision, se utilizó el Framework de desarrollo Django, el cual permitió que el desarrollo backend de la aplicación se realice de una manera más organizada gracias a su arquitectura MVT (Model View Template), se eligió MySQL para la administración de la base de datos, en el frontend se implementaron plantillas y formularios de Django, junto con lenguajes como HTML, CSS y Javascript, para gestionar las solicitudes del usuario, respecto al backend, se empleó Python 3.10 en el entorno de desarrollo de Visual Studio Code.
- Para la evaluación del rendimiento de la aplicación web se utilizó la herramienta JMeter, con la finalidad de medir los indicadores de calidad basándose en el modelo de calidad FURPS. Los resultados obtenidos demostraron una eficacia del 100%, con un tiempo de respuesta de 0,102 segundos y una utilización de recursos del 21%. Estos resultados indican que se logró cumplir con los parámetros de calidad establecidos, validando el rendimiento la aplicación web para pausas activas en prevención de lesiones musculoesqueléticas utilizando la tecnología Computer Vision.

5.2. Recomendaciones

- Dada que la tecnología Computer Vision ha demostrado ser una herramienta efectiva en la aplicación de los procesos de prevención de lesiones musculoesqueléticas, se sugiere profundizar y aprovechar las capacidades de la librería de Mediapipe que permite el seguimiento de objetos, detección de gestos, reconocimiento facial y la detección de poses, además La tecnología Computer Vision no solo puede ser utilizada en el área de la salud, por lo que se sugiere explorar su utilización en áreas como seguridad, agricultura, manufactura, etc.

- En el desarrollo de aplicaciones web, se recomienda utilizar metodologías ágiles como Kanban, que permiten organizar el desarrollo del proyecto de una manera ordenada y por fases.
- Para los proyectos que consideran interacción con los usuarios, además de evaluar el rendimiento de la aplicación web, se recomienda complementar la evaluación con los criterios de calidad de software como la usabilidad, accesibilidad y seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. J. Pinto *et al.*, «Physical inactivity and sedentary behavior: Overlooked risk factors in autoimmune rheumatic diseases?», *Autoimmun Rev*, vol. 16, n.º 7, pp. 667-674, jul. 2017, doi: 10.1016/j.autrev.2017.05.001.
- [2] C. Ochoa, K. Guaman, y J. Castillo, «Pausas activas en las empresas públicas y privadas del ordenamiento jurídico ecuatoriano», *Negotium*, vol. 15, n.º 44, 2019, Accedido: 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2425896025/abstract/9D9D5042F994735PQ/1>
- [3] E. J. Anthony y R. A. Kusnadi, «Computer Vision for Supporting Visually Impaired People: A Systematic Review», *Engineering, MATHematics and Computer Science Journal (EMACS)*, vol. 3, n.º 2, Art. n.º 2, may 2021, doi: 10.21512/emacsjournal.v3i2.6923.
- [4] C. Clemente, G. Chambel, D. C. F. Silva, A. M. Montes, J. F. Pinto, y H. P. da Silva, «Feasibility of 3D Body Tracking from Monocular 2D Video Feeds in Musculoskeletal Telerehabilitation», *Sensors*, vol. 24, n.º 1, 2024, doi: 10.3390/s24010206.
- [5] Organización Mundial de la Salud «Trastornos musculoesqueléticos». Accedido: 16 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>
- [6] N. St-Onge, A. Samani, y P. Madeleine, «Integration of active pauses and pattern of muscular activity during computer work», *Ergonomics*, vol. 60, n.º 9, pp. 1228-1239, sep. 2017, doi: 10.1080/00140139.2017.1303086.
- [7] F. Herrera, R. Niño, C. Montenegro, y P. Gaona, «FabRigo: Modelo informático para el monitoreo y control de rutinas de pausas activas en trabajadores de oficina por medio del modelo PoseNet», *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, n.º E27, pp. 273-285, 2020.
- [8] «¿Qué es una aplicación web? - Explicación de las aplicaciones web - AWS», Amazon Web Services, Inc. Accedido: 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/web-application/>
- [9] «Aspectos básicos de las aplicaciones web». Accedido: 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://helpx.adobe.com/content/help/es/es/dreamweaver/using/web-applications.html>

- [10] C. Díaz, P. Maldonado, E. Ramos, K. Chacha, y J. Vizuite, «La seguridad y salud ocupacional de los trabajadores y el mejoramiento del medio ambiente laboral referente a las pausas activas», vol. 12, pp. 308-313, oct. 2020.
- [11] C. Jaspe, F. López, y S. Moya, «La Aplicación De Pausas Activas Como Estrategia Preventiva De La Fatiga Y El Mal Desempeño Laboral Por Condiciones Disergonómicas En Actividades Administrativas», *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES*, vol. 2, n.º 7, pp. 175-186, 2018.
- [12] P. Luisa, V. María «Estudio descriptivo sobre las condiciones de trabajo y los trastornos musculo esqueléticos en el personal de enfermería (enfermeras y AAEE) de la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid», *Revista de Medicina y Seguridad en el trabajo*, vol. 64, n.º251 pp.161-199, Madrid, 2018. Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2018000200161
- [13] «Musculoskeletal injuries, symptoms and types of injuries : OHS information for employers and workers - Open Government». Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://open.alberta.ca/publications/erg018-musculoskeletal-injuries>
- [14] «Lesiones-musculoesqueléticas-de-origen-laboral.pdf». Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://tusaludnoestaennomina.com/wp-content/uploads/2014/06/Lesiones-musculoesquel%C3%A9ticas-de-origen-laboral.pdf>
- [15] R. Szeliski, «Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd Edition».
- [16] «¿Qué es Computer Vision? | Microsoft Azure». Accedido: 20 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-computer-vision>
- [17] S. García, «¿Qué es el Computer Vision?», MIOTI. Accedido: 20 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://miot.es/es/blog-que-es-el-computer-vision/>
- [18] L. Deng y D. Yu, «Deep Learning: Methods and Applications», *SIG*, vol. 7, n.º 3–4, pp. 197-387, jun. 2014, doi: 10.1561/20000000039.
- [19] L. C. Michael, E. Alva, H. Nining, A. A. Polim, B. Arief, y I. Sini, «Review of computer vision application in in vitro fertilization: the application of deep learning-based computer vision technology in the world of IVF», *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, vol. 38, n.º 7, pp. 1627-1639, 2021, doi: 10.1007/s10815-021-02123-2.

- [20] J. Schmidhuber, «Deep learning in neural networks: An overview», *Neural Networks*, vol. 61, pp. 85-117, ene. 2015, doi: 10.1016/j.neunet.2014.09.003.
- [21] K. O'Shea y R. Nash, «An Introduction to Convolutional Neural Networks», 2 de diciembre de 2015, *arXiv*: arXiv:1511.08458. Accedido: 20 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1511.08458>
- [22] O. Ronneberger, P. Fischer, y T. Brox, «U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation», en *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015*, N. Navab, J. Hornegger, W. M. Wells, y A. F. Frangi, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 234-241. doi: 10.1007/978-3-319-24574-4_28.
- [23] L. Reyes, D. Almeida, y A. Flores, «Information Technologies for Occupational Health and Safety», *Athenea Engineering sciences journal*, vol. 3, n.º 8, Art. n.º 8, jun. 2022, doi: 10.47460/athenea.v3i8.40.
- [24] E-pastiche, «Mediapipe: una herramienta revolucionaria para negocios», E-pastiche. Accedido: 23 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://e-pastiche.online/blog/f/mediapipe-una-herramienta-revolucionaria-para-negocios>
- [25] «MediaPipe Solutions guide | Google AI Edge | Google for Developers». Accedido: 23 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/guide>
- [26] «Pose landmark detection guide | Google AI Edge | Google for Developers». Accedido: 23 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker
- [27] J. Gaete, R. Villarroel, I. Figueroa, H. Cornide-Reyes, y R. Muñoz, «Enfoque de aplicación ágil con Scrum, Lean y Kanban», *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 29, 2021.
- [28] N. L. C. Parada y L. J. Cerveleón, «Kanban como herramienta de mejora de procesos productivos», *Ingeniare*, n.º 31, Art. n.º 31, sep. 2021, doi: 10.18041/1909-2458/ingeniare.31.8957.
- [29] M. Constanzo, S. Casas, y C. Marcos, «Comparación de modelos de calidad, factores y métricas», *Informes Científicos - Técnicos UNPA*, vol. 6, p. 1, jul. 2014, doi: 10.22305/ict-unpa.v6i1.89.
- [30] A. F. Y. Gualli, C. H. M. Alarcón, J. E. D. Altamirano, y L. M. E. Tinoco, «Modelo Furps Para El Análisis Del Rendimiento De Frameworks Js», *3C TIC*, vol. 8, n.º 4, pp. 65-83, 2019, doi: 10.17993/3ctic.2019.84.65-83.

- [31] «Baltazar Y., Cristofer V. & Lucero P., Luis F. (2024) Aplicación web para el modelo de gestión turística sostenible comunitaria de chimborazo utilizando Django.pdf». Accedido: 18 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/13085/1/Baltazar%20Y.%2c%20Cristofer%20V.%20%26%20Lucero%20P.%2c%20Luis%20F.%20%282024%29%20Aplicaci%3b%3n%20web%20para%20el%20modelo%20de%20gesti%3b%3n%20tur%3badstica%20sostenible%20comunitaria%20de%20chimborazo%20utilizando%20Django.pdf>
- [32] M. Czuper, «Applying automated performance testing with Apache JMeter».
- [33] R. Abbas, Z. Sultan, y S. N. Bhatti, «Comparative Study of Load Testing Tools: Apache JMeter, HP LoadRunner, Microsoft Visual Studio (TFS), Siege», *Sukkur IBA Journal of Computing and Mathematical Sciences*, vol. 1, n.º 2, Art. n.º 2, dic. 2017, doi: 10.30537/sjcms.v1i2.24.
- [34] «Apache JMeter - Apache JMeter™». Accedido: 20 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://jmeter.apache.org/>
- [35] R. Hidayanto y P. Sawitri, «Performance Testing of e-Payment Website Using JMeter», vol. 4, n.º 3.

ANEXOS

Anexo 1: Acta de entrega del sistema



FACULTAD DE INGENIERÍA
Carrera de Ingeniería en
Tecnologías de la Información

CERTIFICACIÓN

A petición de las partes interesadas: yo Ing. Edmundo Cabezas, PhD. Docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo y Director del proyecto de investigación **INNOVACIÓN ERGONOMICA**.

Certifico:

Que, los señores **JOEL ALEJANDRO CASTILLO VALDIVIESO**, portador del número de cédula de ciudadanía No. 1600690380 y **WILLIAM DARIO HERERA BRAVO**, portador del número de cédula de ciudadanía No. 2100798822, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo, entregaron el sistema de pausas activas para la prevención de lesiones musculoesqueléticas, como parte de su trabajo de Titulación denominado: "**APLICACIÓN WEB PARA PAUSAS ACTIVAS EN PREVENCIÓN DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA COMPUTER VISION**", con la tutoría del MSc. Jorge Edwin Delgado Altamirano.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad. Facultando a los interesados hacer uso del presente, para fines que crea conveniente.

Riobamba, 06 de agosto de 2024



EDMUNDO BOLIVAR
CABEZAS HEREDIA

Ing. Edmundo Cabezas, PhD
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



MANUAL DE USUARIO

APLICACIÓN WEB

VERSION 1.0

Aplicación Web para Pausas Activas en Prevención de Lesiones Musculoesqueléticas utilizando Computer Vision.

Elaborado por:

- Joel Alejandro Castillo Valdivieso
- William Dario Herrera Bravo

INDICE

Introducción	3
Requisitos Previos.....	4
Instalación	4
Conceptos de operación	4
Inicio de Sesión.....	5
Registro de Usuario Nuevo	6
Sección Usuario	7
Vista Principal	7
Módulo de información	8
Módulo de Chat Bot.....	9
Módulo de Ejercicios	9
Ejercicios Lunes y Viernes	10
Ejercicios Martes	12
Ejercicios Miércoles	14
Ejercicios Jueves.....	16
Módulo Histórico	17
Sección Administrador	18
Módulo Chat Bot	18
Módulo Reportes	18
Módulo Usuarios.....	19

Introducción

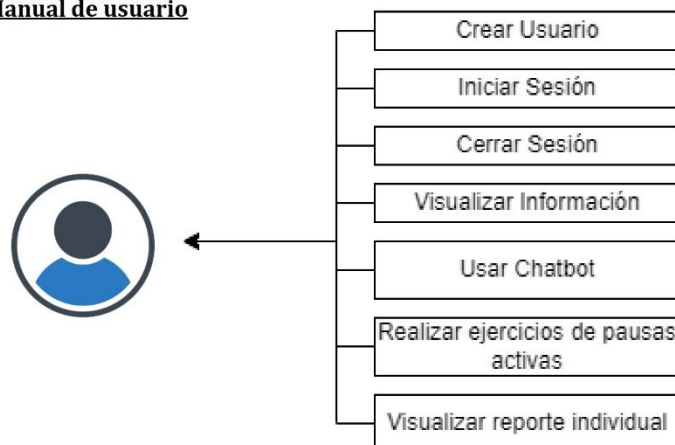
El presente manual está elaborado con el propósito de brindar una ayuda clara y detallada a los usuarios finales para que utilicen de manera efectiva la Aplicación Web para Pausas Activas en Prevención de Lesiones Musculoesqueléticas. Esta herramienta ha sido diseñada para mejorar la salud laboral mediante la implementación de pausas activas guiadas por la tecnología de Computer Vision, que permite detectar automáticamente la postura del usuario y sugerir ejercicios correctivos.

Este documento detalla paso a paso cómo registrarse en la aplicación, iniciar sesión, configurar los parámetros de pausas activas, y cómo realizar los ejercicios recomendados. Además, incluye información sobre cómo visualizar el historial de actividad.

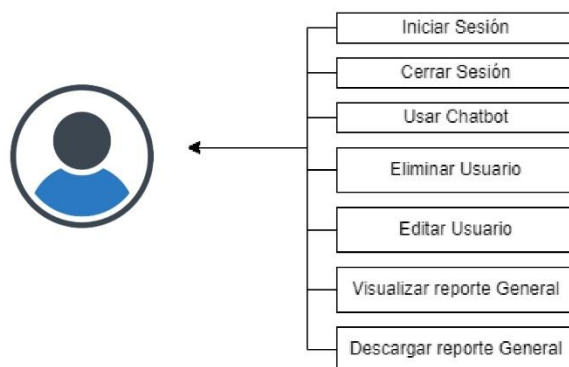
La finalidad de este manual es que los usuarios puedan dominar rápidamente todas las funciones de la aplicación, aprovechando sus beneficios para la prevención de tensiones y lesiones musculoesqueléticas, lo cual contribuye a una mejora significativa en la salud y bienestar en el entorno de trabajo.

En las siguientes figuras, se mostrará la funcionalidad de Manual de usuario y Manual de Administrador de la página web.

Manual de usuario



Manual de administrador



Requisitos Previos

Hardware	Cámara web funcional
Software	Navegador web compatible (Google Chrome, Mozilla Firefox).
Conexión a internet	Estable para el funcionamiento correcto de la aplicación.
Espacio de trabajo	Debe asegurarse que el área de trabajo sea lo suficientemente espaciosa para realizar los ejercicios de pausa activa sin obstáculos.


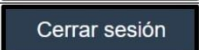
Instalación

Acceso a la aplicación

- Abra su navegador web preferido.
- Navegue a la URL de la aplicación: [http://localhost:8000/].
- Crear una cuenta de usuario utilizando su dirección de correo electrónico y una contraseña segura.
- Inicie sesión para acceder a la plataforma.

Conceptos de operación

La aplicación web sigue un estándar de botones en su interfaz gráfica, los cuales están presentes en todos los módulos y se representan de la siguiente forma.

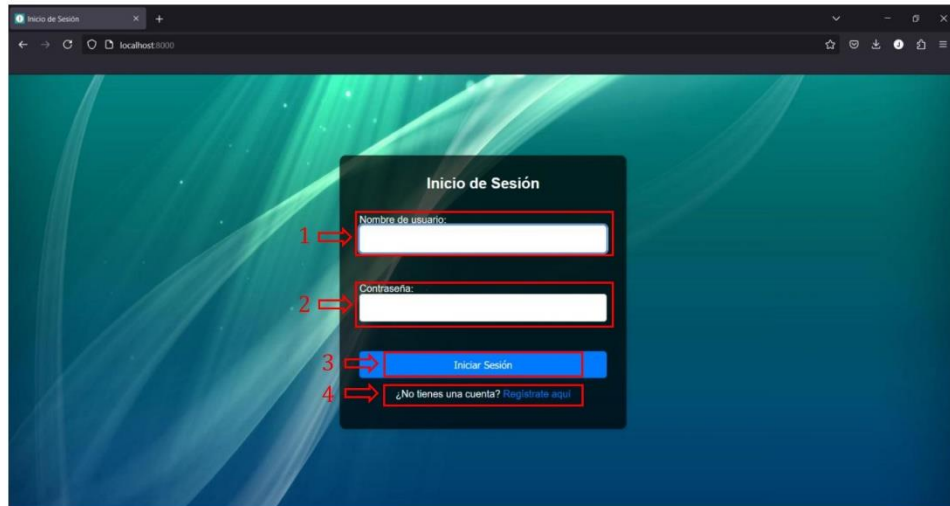
	Permite ingresar al sistema.
	Cierra sesión y regresa al login.

Aceptar	Indica que existe una nueva repetición permitida para realizar.
Permitir (A)	Activación de la cámara para realizar las pausas activas preventivas.
Eliminar	Eliminación de usuario.
Editar	Eliminación de usuario.
Guardar cambios	Guardar Cambios o actualizar información.
Descargar ejercicios en Excel	Generador de un Excel.
X	Cerrar interfaz.
Regístrate aquí	Redirige para crear un nuevo usuario.

Inicio de Sesión

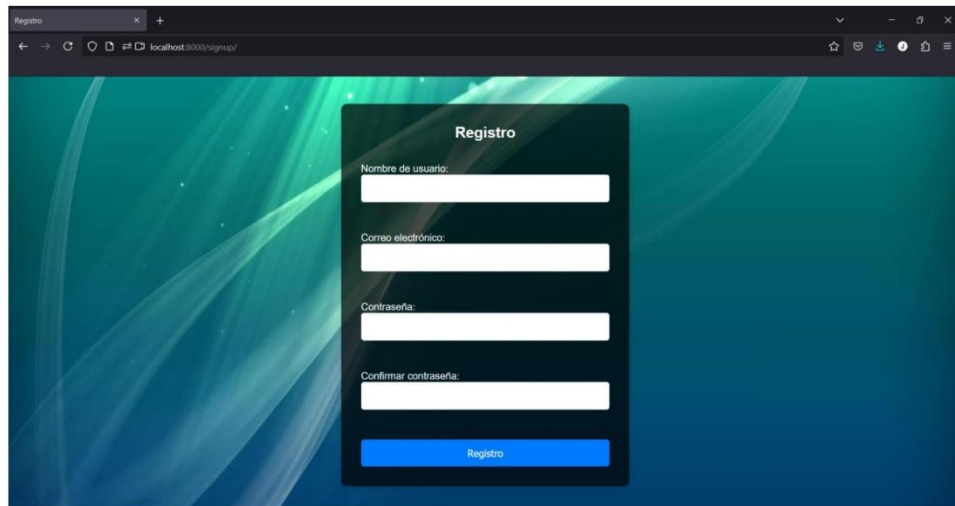
Una vez que la página web se haya cargado, aparecerá la pantalla de inicio de sesión donde deberá completar los campos requeridos. Después de ingresar la información solicitada, haga clic en "Iniciar sesión". Si es un usuario nuevo, selecciona la opción "Regístrate aquí".

1. Ingresar el usuario
2. Ingresar la contraseña
3. Dar clic para poder ingresar al sistema
4. Si aún no tienes una cuenta, haz clic en "Regístrate aquí"



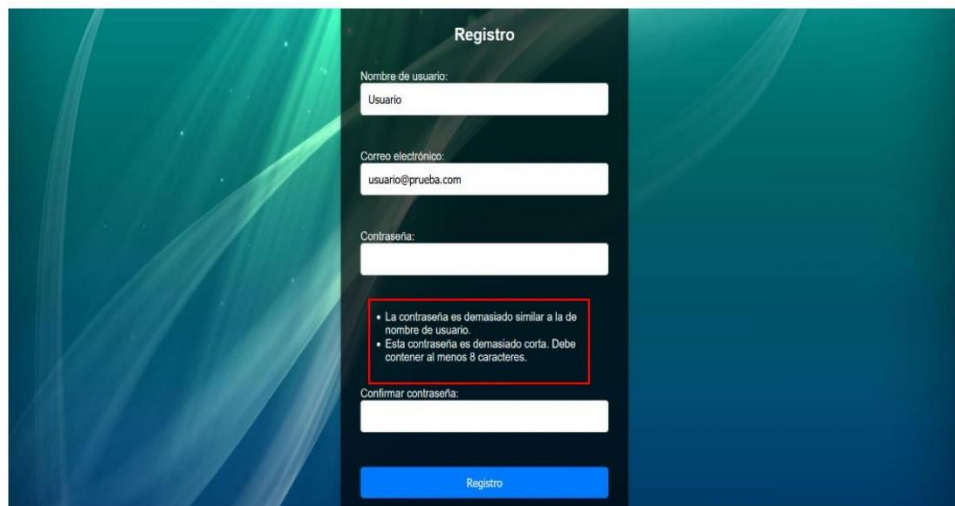
Registro de Usuario Nuevo

Para utilizar la página web, el usuario debe ingresar los datos solicitados, como el nombre de usuario, correo electrónico y una contraseña que contenga al menos 8 caracteres, combinando letras y números, y que sea diferente del nombre de usuario. Una vez ingresados todos los datos, se habilitará el botón, y el usuario deberá hacer clic en "Registrar".



A screenshot of a web browser showing a registration form titled "Registro". The form is centered on a dark blue background with abstract light patterns. It contains four input fields: "Nombre de usuario:", "Correo electrónico:", "Contraseña:", and "Confirmar contraseña:". Below these fields is a blue button labeled "Registro". The browser's address bar shows "localhost:8000/signup/".

Si la contraseña ingresada coincide o es similar al nombre de usuario, el sistema impedirá el registro hasta que se proporcione una contraseña segura y adecuada.

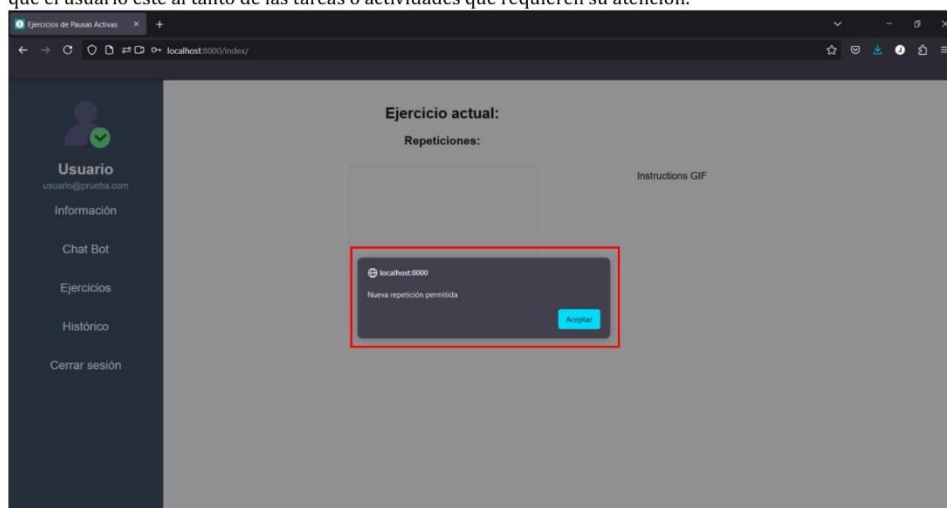


A screenshot of the same registration form, but with validation errors. The "Nombre de usuario:" field contains "Usuario" and the "Correo electrónico:" field contains "usuario@prueba.com". The "Contraseña:" field is empty. A red-bordered box highlights two error messages: "La contraseña es demasiado similar a la de nombre de usuario." and "Esta contraseña es demasiado corta. Debe contener al menos 8 caracteres." The "Confirmar contraseña:" field is also empty, and the "Registro" button remains disabled.

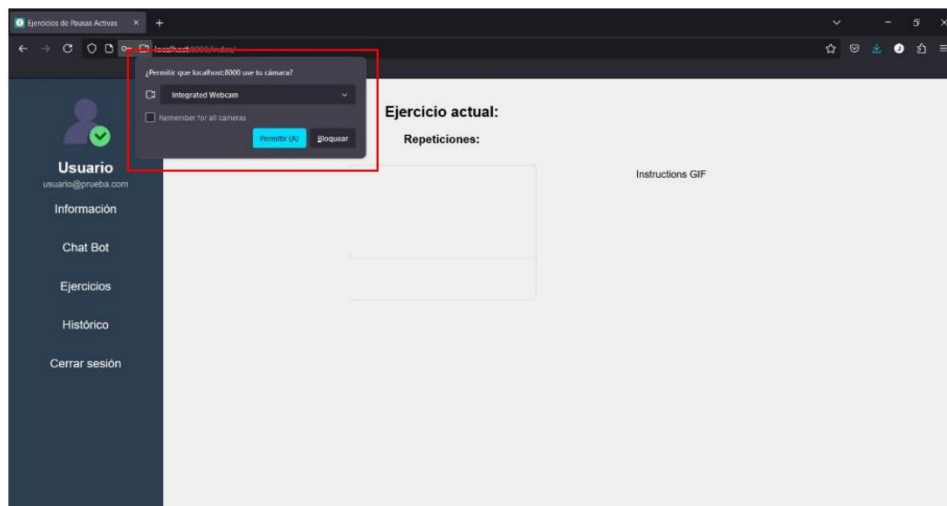
Sección Usuario

Vista Principal

Una vez que el usuario se haya autenticado en la página web, aparecerá un mensaje informativo que notificará sobre la existencia de ejercicios pendientes que deben ser realizados. Este aviso asegurará que el usuario esté al tanto de las tareas o actividades que requieren su atención.



Aparecerá una notificación solicitando autorización para que la página web tenga acceso a la cámara del dispositivo. Esta autorización es necesaria para que la aplicación pueda capturar imágenes y realizar análisis en tiempo real, con los ejercicios que se realizará.

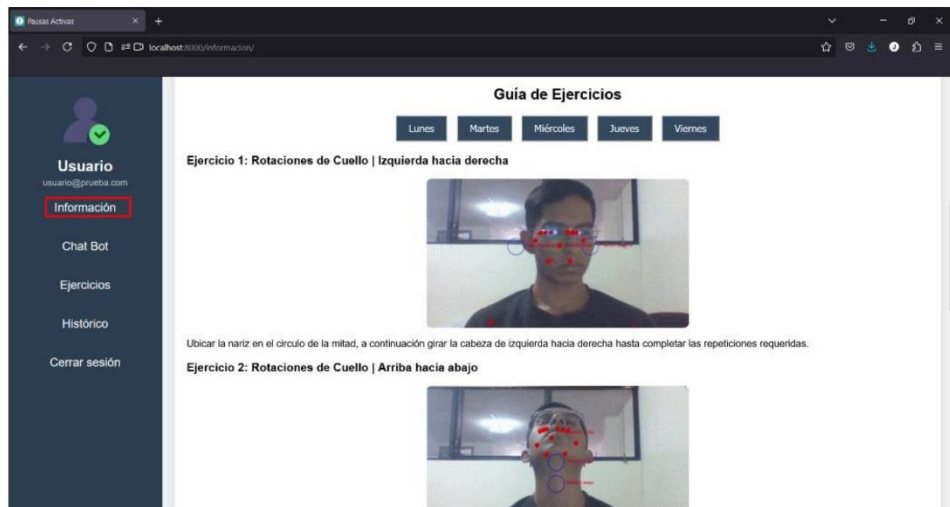


Una vez aceptadas todas las notificaciones, el usuario podrá navegar libremente por el menú principal de la página y seleccionar cualquier opción que considere conveniente para utilizar.



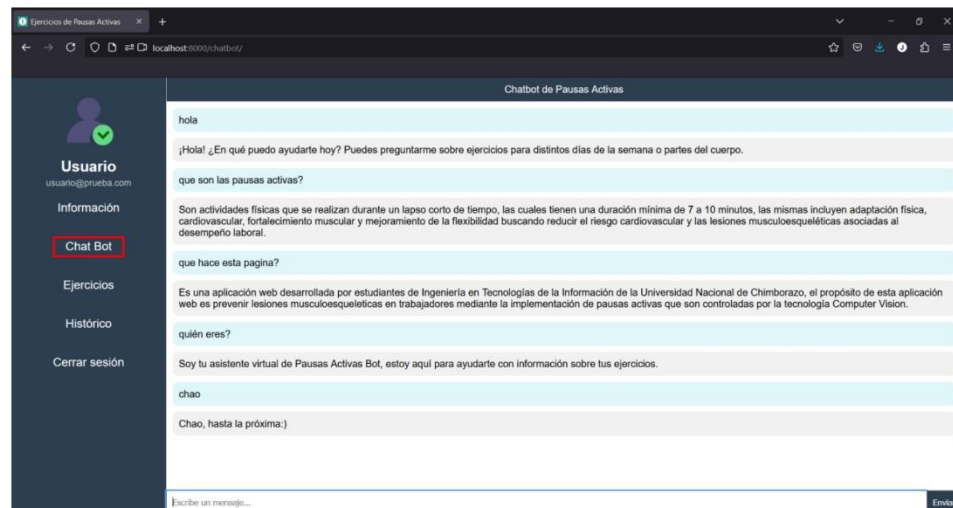
Módulo de información

En el módulo de Información, se ofrecerá una descripción breve sobre qué son las pausas activas, así como un ejercicio preliminar que detalla cómo deben realizarse correctamente los ejercicios. Este módulo proporcionará una visión general y guías prácticas para asegurar que el usuario comprenda y pueda llevar a cabo las pausas activas de manera efectiva.



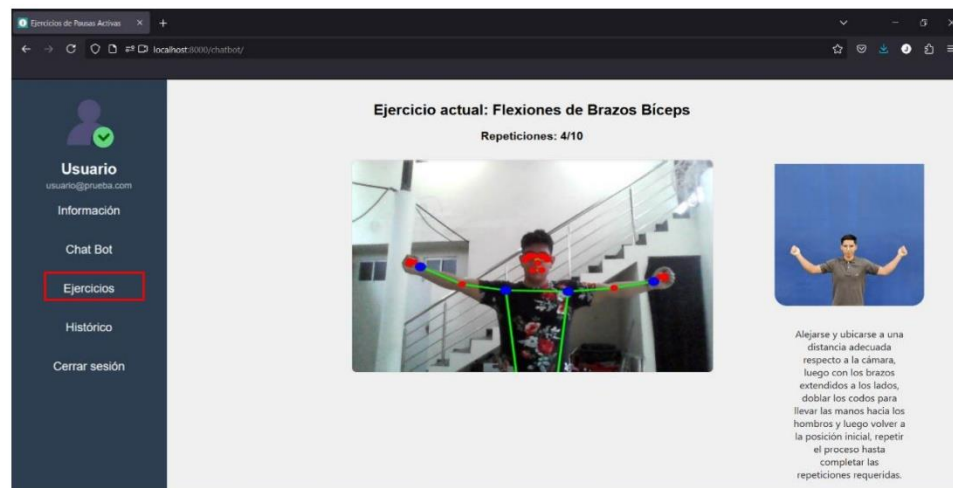
Módulo de Chat Bot

En el módulo de Chat Bot, el usuario tiene la opción de solicitar información detallada sobre la ejecución de los ejercicios. Este módulo proporciona asistencia y orientación sobre cómo llevar a cabo los ejercicios de manera efectiva, resolviendo dudas y ofreciendo instrucciones paso a paso según sea necesario.



Módulo de Ejercicios

En el módulo de Ejercicios, el usuario podrá realizar las pausas activas utilizando la tecnología de Computer Vision. Este módulo permite realizar los ejercicios de manera guiada y monitoreada, asegurando que se sigan las técnicas correctas y se mantenga la efectividad en la prevención de lesiones.

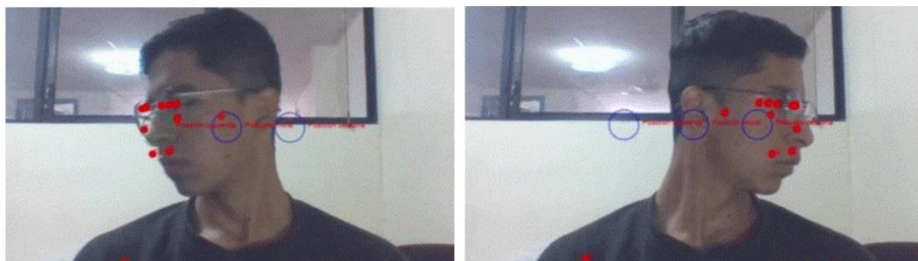


Ejercicios Lunes y Viernes

Para realizar un seguimiento preciso de la postura del usuario y ofrecer una serie de ejercicios diseñados para prevenir lesiones musculoesqueléticas. Basada en los datos capturados por la cámara web, la aplicación guiará al usuario a través de cinco ejercicios clave, que son los siguientes:

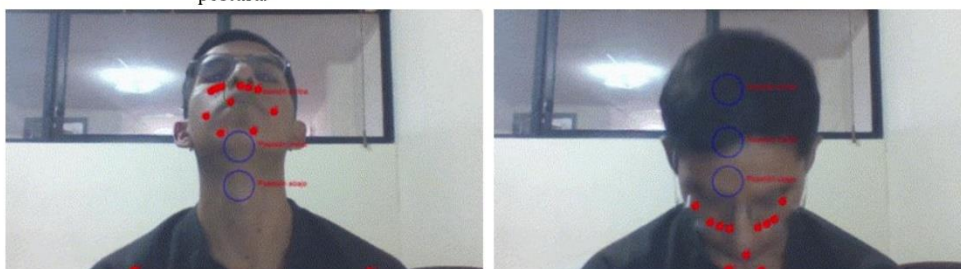
1) Ejercicio 1: Rotaciones de Cuello | Izquierda hacia derecha

- **Descripción:** Ubicar la nariz en el círculo de la mitad y girar la cabeza de izquierda a derecha hasta completar las repeticiones requeridas.
- **Beneficio:** Mejora la flexibilidad y movilidad cervical, aliviando la tensión acumulada en el cuello y reduciendo el riesgo de rigidez y dolor muscular debido a la prolongada postura estática.



2) Ejercicio 2: Rotaciones de Cuello | Arriba hacia abajo

- **Descripción:** Ubicar la nariz en el círculo de la mitad y girar la cabeza de arriba hacia abajo hasta completar las repeticiones requeridas.
- **Beneficio:** Estira y relaja los músculos del cuello y la parte superior de la espalda, mejorando la circulación sanguínea y reduciendo dolores asociados con la mala postura.



3) Ejercicio 3: Inclinación lateral de cuello

- **Descripción:** Alejarse a una distancia adecuada respecto a la cámara, luego inclinar la cabeza de lado a lado, acercando la oreja lo más posible a los hombros hasta completar las repeticiones requeridas.

- **Beneficio:** Alivia la tensión en los músculos laterales del cuello y los hombros, mejorando la amplitud de movimiento y previniendo el endurecimiento muscular.



4) Ejercicio 4: Elevación de hombros

- **Descripción:** Alejarse a una distancia adecuada respecto a la cámara, luego elevar los hombros hacia arriba y dejarlos caer, repitiendo el proceso hasta completar las repeticiones requeridas.
- **Beneficio:** Libera la tensión acumulada en el área del trapecio y los hombros, ayudando a relajar estos músculos, que tienden a sobrecargarse durante largas horas de trabajo en el escritorio.



5) Ejercicio 5: Estiramiento de hombros

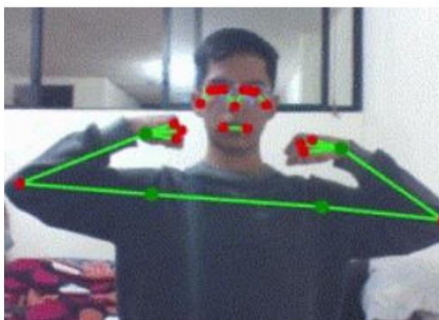
- **Descripción:** Alejarse a una distancia adecuada respecto a la cámara, luego extender un brazo al lado opuesto y usar la otra mano para empujarlo contra el pecho, repitiendo el proceso hasta completar las repeticiones requeridas.
- **Beneficio:** Mejora la flexibilidad y la movilidad en la articulación del hombro y los músculos del brazo, ayudando a prevenir el dolor y la rigidez en esta área clave, especialmente en quienes trabajan largos periodos en computadoras.



Ejercicios Martes

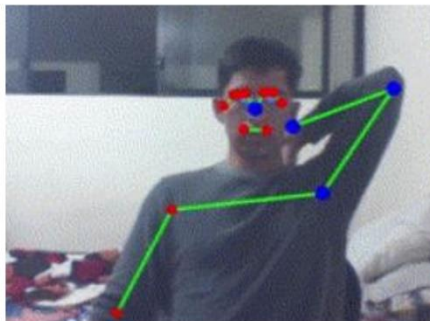
1) Ejercicio 1: Flexiones de brazos Bíceps

- **Descripción:** Alejarse a una distancia adecuada de la cámara, con los brazos extendidos a los lados, doblar los codos para llevar las manos hacia los hombros y luego regresar a la posición inicial. Repetir hasta completar las repeticiones requeridas.
- **Beneficio:** Fortalece los músculos del bíceps, mejorando la fuerza en los brazos y ayudando a prevenir lesiones derivadas de movimientos repetitivos o posturas incorrectas durante el trabajo.



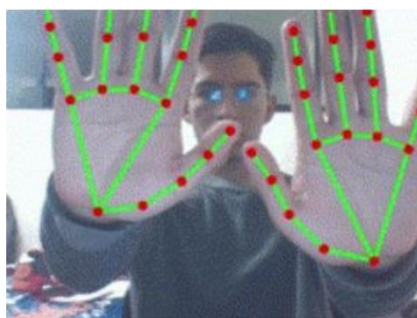
2) Ejercicio 2: Extensiones de Tríceps

- **Descripción:** Ubicarse a una distancia adecuada, con el brazo señalado por círculos azules llevando la cuenta. Levantar el brazo hacia arriba con el codo doblado y luego extenderlo completamente. Repetir el proceso para ambos brazos hasta completar las repeticiones requeridas.
- **Beneficio:** Fortalece los tríceps y mejora la movilidad de los brazos, previniendo la rigidez y el dolor en las articulaciones del codo.



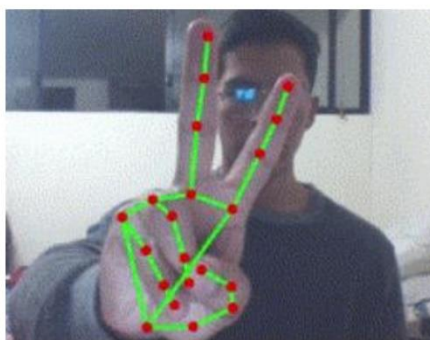
3) Ejercicio 3: Rotación de muñecas

- **Descripción:** Mantener una distancia adecuada, extender los brazos y abrir las manos, luego rotar las muñecas hacia abajo. Repetir el movimiento hasta completar las repeticiones necesarias.
- **Beneficio:** Mejora la movilidad de las muñecas y previene la fatiga muscular y el dolor asociados con el uso prolongado de dispositivos como teclados y ratones.



4) Ejercicio 4: Piedra, papel o tijera

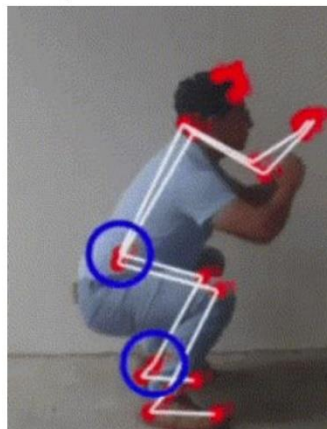
- **Descripción:** Jugar piedra, papel o tijera imitando los gestos del GIF mostrado en la pantalla.
- **Beneficio:** Este ejercicio lúdico promueve la movilidad de las manos y dedos, mejora la coordinación y ofrece un breve descanso mental mientras se mantienen los músculos activos.



Ejercicios Miércoles

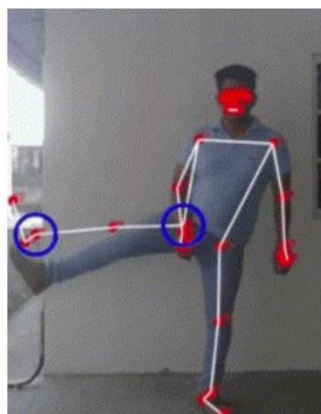
1) Ejercicio 1: Sentadillas

- **Descripción:** Alejarse a una distancia adecuada de la cámara, pararse de lado y realizar sentadillas. Repetir el proceso hasta completar las repeticiones requeridas.
- **Beneficio:** Fortalece los músculos de las piernas, glúteos y el núcleo, mejorando la estabilidad y reduciendo el riesgo de lesiones musculares en la parte inferior del cuerpo.



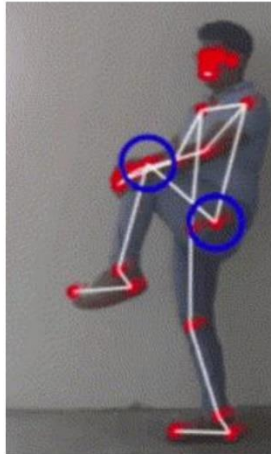
2) Ejercicio 2: Elevación lateral de piernas

- **Descripción:** Ubicarse a una distancia adecuada, la pierna marcada con círculos azules lleva la cuenta. Levantar una pierna lateralmente lo más alto posible sin inclinar el torso, luego bajar lentamente y cambiar de pierna. Repetir hasta completar las repeticiones necesarias.
- **Beneficio:** Mejora la flexibilidad y la fuerza en los músculos abductores de las piernas, ayudando a mantener el equilibrio y la movilidad.



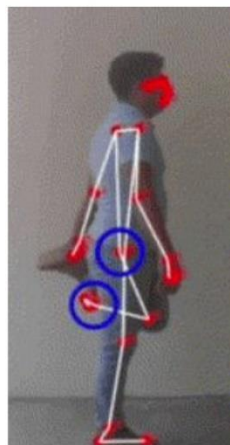
3) Ejercicio 3: Elevación de rodillas

- **Descripción:** Ubicarse a una distancia adecuada de la cámara, la pierna marcada con círculos azules lleva la cuenta. Levantar la rodilla lo más alto posible sin inclinar el torso, luego bajar lentamente y cambiar de pierna. Repetir hasta completar las repeticiones.
- **Beneficio:** Fortalece los músculos y la cadera, mejorando la coordinación y contribuyendo a la prevención de lesiones en las articulaciones.



4) Ejercicio 4: Estiramiento de Cuádriceps

- **Descripción:** Ubicarse a una distancia adecuada de la cámara, pararse de lado y doblar una pierna hacia atrás, sujetando el tobillo con la mano para llevar el talón hacia los glúteos. Mantener la posición por 10 segundos y cambiar de pierna, repitiendo el proceso hasta completar las repeticiones requeridas.
- **Beneficio:** Estira y flexibiliza los cuádriceps, aliviando la tensión muscular y previniendo lesiones relacionadas con el exceso de carga en las piernas y rodillas.



Ejercicios Jueves

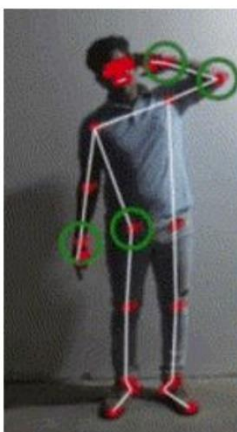
1) Ejercicio 1: Estiramiento de la Espalda Baja

- **Descripción:** Alejarse y ubicarse a una distancia adecuada respecto a la cámara, colocar las manos en la zona lumbar de la espalda baja e inclinarse hacia atrás. Mantener la posición durante 10 segundos. Repetir hasta completar las repeticiones requeridas.
- **Beneficio:** Alivia la tensión acumulada en la zona lumbar, mejorando la flexibilidad de la espalda baja y reduciendo el riesgo de dolor y lesiones en esa área.



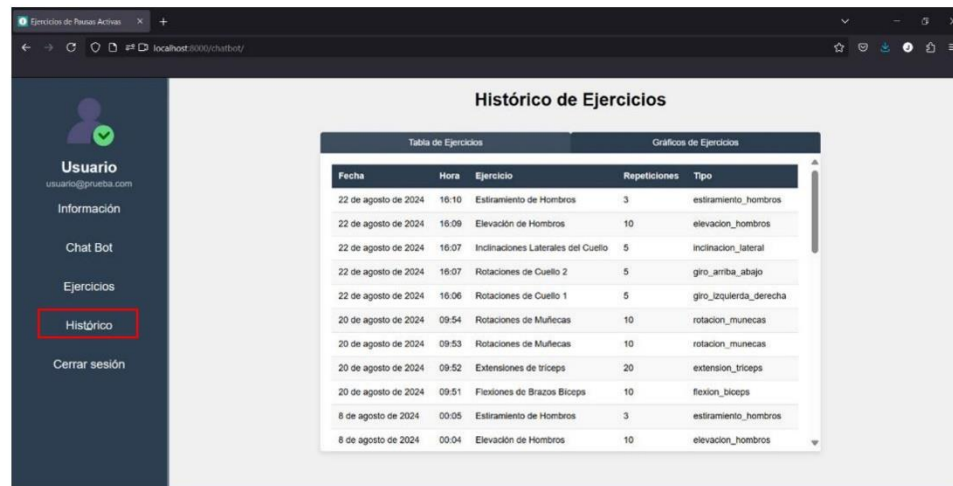
2) Ejercicio 2: Estiramiento Lateral de Espalda

- **Descripción:** Alejarse y ubicarse a una distancia adecuada respecto a la cámara, levantar un brazo por encima de la cabeza y utilizar la otra mano para estirarse hacia un lado. Mantener la posición durante 10 segundos, luego cambiar de lado. Repetir hasta completar las repeticiones necesarias.
- **Beneficio:** Mejora la flexibilidad y movilidad de la columna lateral, alivia la tensión en los músculos de los costados del torso y contribuye a una mejor postura corporal.



Módulo Histórico

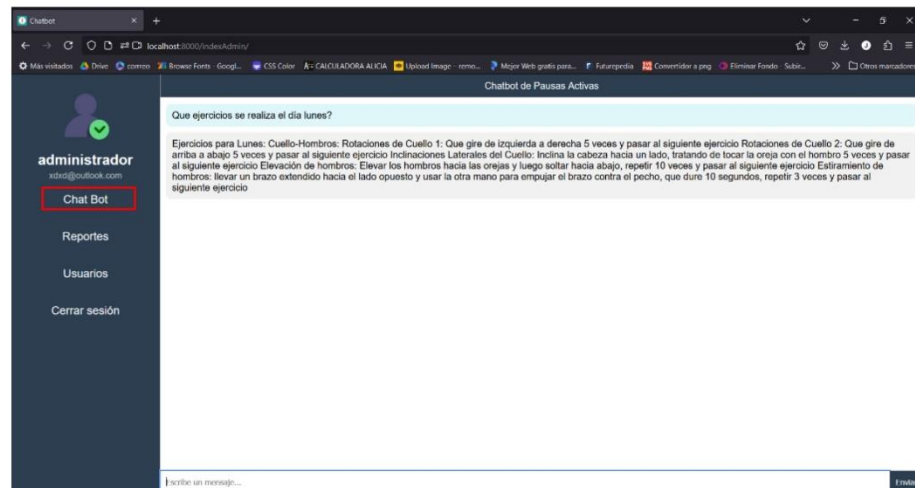
En el módulo Histórico, el usuario puede consultar un reporte detallado que muestra el historial de los ejercicios realizados. Este módulo proporciona una visión completa de las sesiones anteriores, permitiendo al usuario revisar y evaluar su progreso a lo largo del tiempo.



Sección Administrador

Módulo Chat Bot

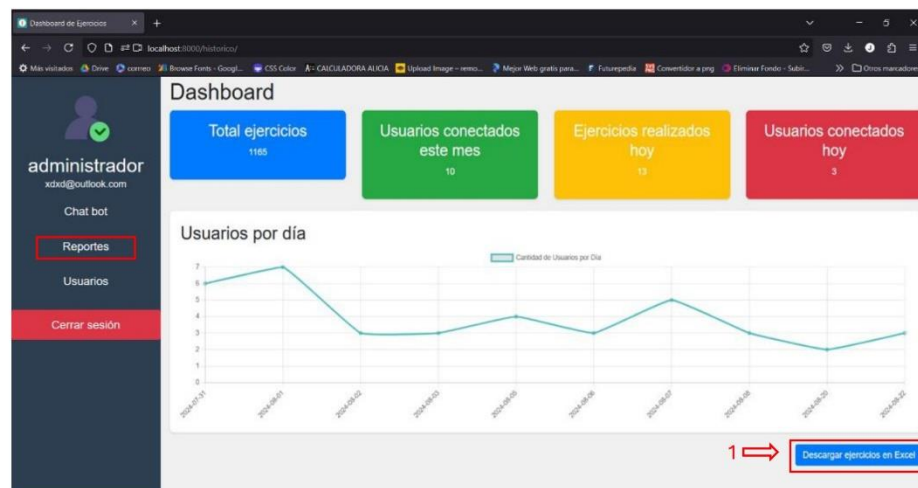
En el Módulo de Chatbot, el administrador tiene la posibilidad de realizar consultas y resolver dudas, como, por ejemplo, qué ejercicio debería realizarse en un día específico. Este módulo proporciona asistencia directa, ofreciendo respuestas automatizadas y precisas a las inquietudes del administrador.



Módulo Reportes

El Módulo de Reportes presenta un resumen completo del total de ejercicios realizados, la cantidad de usuarios registrados, y los ejercicios llevados a cabo durante el día. Además, permite descargar un informe detallado y muestra una gráfica que facilita la revisión y evaluación del rendimiento de los usuarios inscritos. Este módulo proporciona una visión clara y estructurada de la actividad en la plataforma.

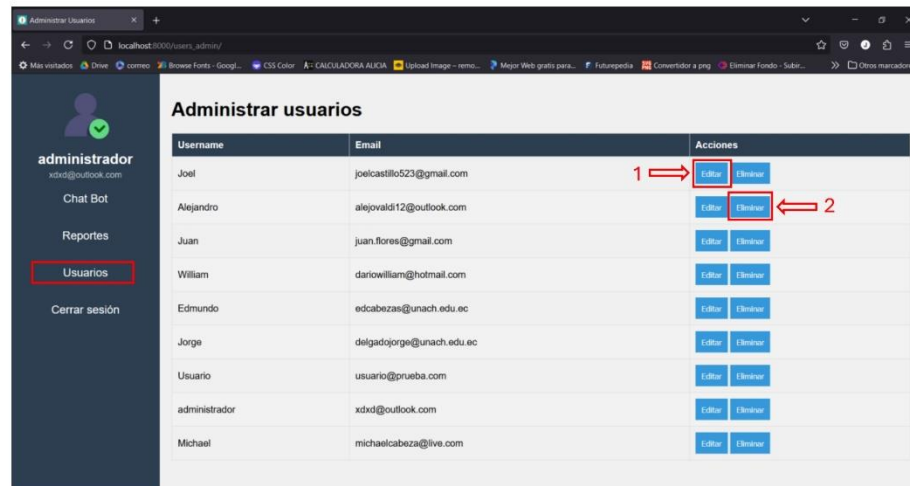
1. Se da clic para poder descargar el reporte en archivo Excel.



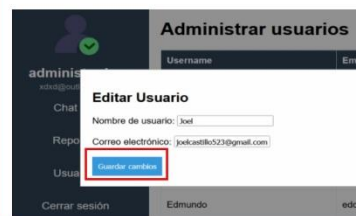
Módulo Usuarios

En el Módulo de Usuario, el administrador tiene la capacidad de realizar varias acciones, tales como editar y eliminar usuarios. Este módulo permite gestionar de manera eficiente el acceso y la información de los usuarios dentro del sistema.

1. Edita cualquier campo del usuario.
2. Elimina el usuario con todos sus campos asociados.



1. Al hacer clic en "Editar", se desplegará una ventana en la que se podrán realizar modificaciones en cualquiera de los campos del usuario según sea necesario. Una vez realizadas las modificaciones, haz clic en "Guardar cambios" para preservar las actualizaciones.



2. Al hacer clic en "Eliminar", se desplegará una ventana en la que se procederá a eliminar al usuario junto con todos sus campos y la información asociada. Esto garantiza que el usuario sea completamente eliminado del sistema, borrando todos sus datos y detalles relacionados de manera definitiva.

