



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRICA**



**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL
TELEMONITOREO DE
HIPERTENSIÓN ARTERIAL**

POR

Rodrigo Andrés Espinoza Mundaca

Informe de Memoria de Título presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para optar al grado académico de Ingeniero Civil Biomédico

Profesores Guía
Esteban Pino Quiroga

Comisión
Dr. Carlos Zúñiga
Pamela Guevara

Agosto, 2024
Concepción
(Chile)

© 2024 Rodrigo Espinoza Mundaca

© 2024 Rodrigo Andrés Espinoza Mundaca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento..

Agradecimientos

Le quiero agradecer a mi familia por su incontable apoyo durante estos años de mi vida, a mis amigos por ser un pilar emocional invaluable en los momentos universitarios más duros, a mis profesores y a los doctores por su cercanía y su gran disponibilidad, a Dios por hacerme lo suficientemente fuerte para afrontar cada desafío entregado y a cada persona que de manera directa y/o indirecta formo parte de esta memoria de título, por todos ustedes, mi futuro.

"Eventually, one day, somebody will pray for a miracle, pray for something to save them, to whatever gods are nearby, and that prayer will be answered because you'll show up."

-Caduceus Clay.

Resumen

En este trabajo se aborda la necesidad de implementar herramientas para el telemonitoreo de presión arterial en el país. El objetivo de la memoria fue evaluar la eficacia de tanto equipos digitales de medición de presión como de aplicaciones que fuesen capaces de registrar, almacenar, analizar y enviar estos datos de presión a profesionales de la salud, terminando por desarrollar herramientas o aplicaciones que complementaran este trabajo. Para esto se eligieron dos equipos, el equipo “Omron Hem-7122” y el “Braun Exacfit 1”, sumados a las aplicaciones móviles “Omron Connect” y “SmartBp”, estas herramientas fueron utilizadas en conjunto por medio de un programa de automedición de presión sanguínea. Se hizo un estudio práctico de dos meses en donde voluntarios pertenecientes a la universidad de Concepción utilizaron estas herramientas por un periodo de tiempo determinado, en donde al término de este, debieron evaluar los equipos y las aplicaciones seleccionadas por medio de un formulario enfocado en cada herramienta, además de responder preguntas enfocadas en su posible uso práctico en el país. Luego de recibir los comentarios, y tener reuniones con diferentes profesionales de la salud de la región, se desarrollaron e implementaron diferentes aplicaciones para la detección automática de registros de presión mediante el uso de tecnología de OCR y para la visualización de los datos de presión, con la capacidad de incluso visualizar los archivos enviados por vía de las aplicaciones evaluadas en el estudio práctico. Los resultados indicaron que las herramientas estudiadas cumplen con las características necesarias para ser utilizadas para el telemonitoreo de la presión, la aplicación Omron connect sobresaliendo por su facilidad de uso y registro automático de datos mediante el escaneo de la pantalla de sus monitores, mientras que SmartBp sobresale por su interfaz de usuario amigable y su gran número de funciones de análisis de registros. Ambos equipos tienen características similares, siendo la mayor diferencia entre ellos la duración de las mediciones, donde el equipo Braun tiene una duración de un minuto y medio más larga que el equipo Omron. A partir de los resultados se creó una herramienta de fácil uso y navegación que detecta automáticamente los valores de presión de un monitor digital de presión y además se creó una aplicación de visualización de datos que combina los mejores aspectos de las aplicaciones estudiadas, sumando funciones como la generación de informes y gráficos. Finalmente, del estudio se concluyó que existen herramientas adecuadas para la implementación de la telemedicina para el monitoreo de la presión arterial, y que es posible desarrollar aplicaciones y/o herramientas que apoyen de manera más personalizada y objetiva esta tarea, simplificando y facilitando de gran manera todos los aspectos involucrados en este proceso tanto para los pacientes como para los profesionales.

Abstract

This work addresses the need to implement tools for blood pressure telemonitoring in the country. The objective of the study was to evaluate the effectiveness of digital blood pressure measurement devices and applications capable of recording, storing, analyzing, and sending this pressure data to healthcare professionals, ultimately developing tools or applications to complement this work. For this purpose, two devices were selected: the “Omron Hem-7122” and the “Braun Exacfit 1,” along with the mobile applications “Omron Connect” and “SmartBp.” These tools were used together through a blood pressure self-monitoring program. A two-month practical study was conducted where volunteers from the University of Concepción used these tools for a determined period. At the end of this period, they evaluated the devices and selected applications through a questionnaire focused on each tool, as well as answering questions about their potential practical use in the country. After receiving feedback and holding meetings with different healthcare professionals in the region, various applications were developed and implemented for the automatic detection of pressure records using OCR technology and for the visualization of pressure data, with the capability to even visualize files sent via the applications evaluated in the practical study. The results indicated that the studied tools meet the necessary requirements for use in blood pressure telemonitoring, with the Omron Connect application standing out for its ease of use and automatic data recording through screen scanning, while SmartBp stands out for its user-friendly interface and a large number of record analysis functions. However, both devices have similar characteristics, with the main difference being the measurement duration, where the Braun device has a duration that is one and a half minutes longer. Using this, an easy-to-use and navigate tool was created that automatically detects blood pressure values from a digital blood pressure monitor, and a data visualization application was also developed, combining the best aspects of the studied applications, adding functions such as report and graph generation. Finally, the study concluded that there are indeed adequate tools for the implementation of telemedicine for blood pressure monitoring, and that it is possible to develop applications and/or tools that support this task in a more personalized and objective manner, greatly simplifying and facilitating all aspects involved in this process for both patients and professionals.

Las pruebas prácticas de esta memoria de título fueron analizadas y aprobadas por el comité de ética, bioética y bioseguridad de la universidad de Concepción en el mes de abril del año 2024, con el código CEBB 1658-2024.

Tabla de Contenidos

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	11
1.2. OBJETIVOS	13
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	13
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	13
1.3. ALCANCES Y LIMITACIONES	13
1.4. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO.....	14
1.5. METODOLOGÍA	16
1.6. TEMARIO.....	17
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	18
2.1. INTRODUCCIÓN	18
2.2. TENSÍOMETROS MECÁNICOS Y DIGITALES.....	18
2.3. PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO AUTÓNOMO DE PRESIÓN SANGUÍNEA	19
2.4. ANATOMÍA DE LA HIPERTENSIÓN	21
2.5. APLICACIONES DE MONITOREO DE PRESIÓN SANGUÍNEA Y SU FUNCIONAMIENTO	25
2.6. DISCUSIÓN	26
CAPÍTULO 3. DESARROLLO	28
3.1. INTRODUCCIÓN	28
3.2. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	28
3.3. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE APLICACIONES MÓVILES.....	30
3.4. IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DEL PROGRAMA SMBP	37
3.5. ESTUDIO Y EVALUACIÓN PRÁCTICA CON VOLUNTARIOS.....	39
3.6. PUESTA EN MARCHA DE LAS PRUEBAS PRÁCTICAS.....	40
3.7. DISEÑO DE APLICACIONES DE APOYO.....	41
3.7.1 <i>Aplicación de registro y almacenamiento automatico de datos mediante OCR</i>	41
3.7.2 <i>Aplicación de visualizacion de datos de presion de pacientes y conversion de archivos .csv a .txt</i>	44
3.8. DISCUSIÓN	48
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	49
4.1. INTRODUCCIÓN	49
4.2. RESULTADOS	49
4.2.1 <i>Evaluación de los Equipos y las Aplicaciones</i>	49
4.2.2 <i>Comentarios y Validación de los Profesionales de la Salud</i>	55
4.2.3 <i>Evaluación Ponderada de Equipos y Aplicaciones Según la Importancia de sus Características</i>	57
4.2.4 <i>Desarrollo de aplicaciones de apoyo para programas SMBP</i>	57
4.3. DISCUSIÓN	63
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES	65
5.1. CONCLUSIONES	65
5.2. TRABAJO A FUTURO.....	66
CAPÍTULO 6. GLOSARIO.....	67
CAPÍTULO 7. REFERENCIAS.....	68
ANEXO A. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE TENSÍOMETROS DIGITALES.....	73
ANEXO B. INFOGRAFÍA DE INSTRUCCIONES PARA UNA CORRECTA MEDICIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL	74
ANEXO C. CÓDIGO DE DETECCIÓN Y ALMACENAMIENTO AUTOMÁTICO DE DATOS DE PRESIÓN	75
ANEXO D. CÓDIGO EN PYTHON DE APP DE VISUALIZACIÓN DE DATOS DE PRESIÓN Y CONVERSIÓN DE ARCHIVOS .CSV A .TXT.....	77

ANEXO E. USO DE AUTO-PY-TO-EXE92
ANEXO F. INFORME PDF GENERADO POR APLICACIÓN DE VISUALIZACIÓN94
ANEXO G. PROCESO DE CONVERSIÓN DE ARCHIVO .CSV A .TXT PARA REGISTRO OMRON97
RESUMEN FI.....100

Lista de Tablas

Tabla 1-1 Tabla de resultados de uso de la telemedicina en terapias antihipertensivas.....	15
Tabla 1-2 Tabla de asistencia a consultas de terapia antihipertensiva	15
Tabla 2-1 Niveles de presión sanguínea.....	22
Tabla 2-2 Presencia de características clave en aplicaciones para el monitoreo de la presión.	26
Tabla 4-1 Evaluación de equipos mediante promedio simple.....	55
Tabla 4-2 Evaluación de aplicaciones mediante promedio simple.	55
Tabla 4-3 Evaluación de equipos mediante promedio ponderado.	58
Tabla 4-4 Evaluación de aplicaciones mediante promedio ponderado.	59

Lista de Figuras

Figura 2.1. Componentes de un tensiómetro manual	18
Figura 2.2. Tensiómetro digital	19
Figura 2.3. Anatomía de la Aterosclerosis.	23
Figura 2.4. Anatomía de la Disección aórtica.	24
Figura 3.1. Tensiómetro Digital Omron HEM-7122.....	29
Figura 3.2. Tensiómetro Digital Braun ExactFit 1	30
Figura 3.3. Aplicación OMRON connect en la tienda AppStore de Apple IOS.....	31
Figura 3.4. Interfaz de usuario de la aplicación OMRON connect.	32
Figura 3.5. Escaneo de pantalla de tensiómetro digital en OMRON connect.....	33
Figura 3.6. Proceso de exportación de datos en aplicación OMRON connect	34
Figura 3.7. Aplicación SmartBP en la tienda App Store de Apple IOS.....	35
Figura 3.8. Interfaz de usuario de la App SmartBP.	36
Figura 3.9. Proceso de exportación de datos en aplicación SmartBP	37
Figura 3.10. Draft de plan de SMBP a utilizar.....	39
Figura 3.11. Diagrama de flujo de App de registro automático de datos de presión	43
Figura 3.12. Diagrama de flujo de aplicación de visualización de registros y conversión de archivos	47
Figura 4.1. Gráfico de constancia de medición de los voluntarios.	50
Figura 4.2. Evaluación de características de equipo Omron HEM-7122.....	50
Figura 4.3. Continuación de evaluación de características de equipo Omron HEM-7122.	51
Figura 4.4. Evaluación de características de equipo Braun Exactfit 1	51
Figura 4.5. Continuación de evaluación de características de equipo Braun Exactfit 1	52
Figura 4.6. Evaluación de características de aplicación Omron Connect.	52
Figura 4.7. Continuación de evaluación de características de aplicación Omron Connect.	53
Figura 4.8. Evaluación de características de aplicación Smartbp.	53
Figura 4.9. Continuación de evaluación de características de aplicación SmartBP.....	54
Figura 4.10. Formulario de aplicación de registro y almacenamiento.	60
Figura 4.11. Hoja de cálculo con valores registrados.	60
Figura 4.12. Interfaz y visualización de App de display de registros.	62
Figura 4.13. Función de grafico de App de visualización.....	62
Figura 4.14. Estadísticas de presión arterial generadas.....	63
Figura A.1. Estudio de alternativas de equipos de medición de presión sanguínea.....	73
Figura B.1. Infografía de pasos y consideraciones para la medición de presión en el hogar.....	74
Figura E.1. Llamado a auto-py-to-exe por consola de comandos.....	92
Figura E.2. Interfaz de Auto-py-to-exe y configuración optima.....	93
Figura E.3. Archivo ejecutable creado.	94
Figura F.1. Primera página de informe generado.....	95
Figura F.2. Segunda página de informe generado.....	96
Figura F.3. Tercera página de informe generado.	96
Figura G.1. Vista de archivo .csv en Excel de aplicación Omron Connect	97
Figura G.2. Selección de archivo .csv Omron.....	97
Figura G.3. Ingreso de nombre de paciente para el archivo.....	98
Figura G.4. Dirección de guardado de nuevo archivo en formato .txt.....	98
Figura G.5. Archivo transformado a formato .txt	99

Capítulo 1. Introducción

1.1. Introducción General

Actualmente, la causa principal de mortalidad en Chile son los accidentes o enfermedades cardiovasculares; sobre un 25% de los fallecimientos, o más de 30.000 personas al año fallecen debido a estas condiciones [1] y además, según estudios de la Organización Mundial de la Salud [2], es reconocido que el principal factor de riesgo para accidentes cardiovasculares corresponde a la hipertensión o a una alta presión sanguínea ($\geq 140/90$ mmHg).

En Chile, un 27.3% de las personas padecen de hipertensión, siendo hasta un 73.3% en adultos mayores de 65 años [3]. Debido a estas estadísticas, es de suma importancia mantener una observación y control constante de la presión arterial en pacientes de riesgo (adultos mayores, pacientes obesos, diabéticos, antecedentes familiares) con tal de evitar accidentes posiblemente mortales en un futuro. Existen distintos equipos destinados a la medición de la presión sanguínea, siendo quizás el más utilizado el tensiómetro manual, con frecuencia utilizado solo por profesionales de la salud en recintos hospitalarios, para la medición de la presión sistólica y diastólica. Debido al proceso para tomar las medidas, se necesita de un conocimiento que quizás el paciente no posea, haciendo que el monitoreo de la presión sanguínea sea difícil en el área de la telemedicina.

Debido en parte a la pandemia del año 2019 al 2021, la telemedicina tuvo un aumento considerable no solo número de atenciones, sino también en la calidad de estas, surgiendo como una opción más cómoda para pacientes que no podían asistir a consultas en recintos médicos por distintos motivos. En consecuencia, las teleconsultas aumentaron en número, llegando a ser un 17.4% del número total de consultas en el sector público para el año 2022, que correspondió a más de 1.7 millones de consultas y prestaciones médicas por este medio [4].

Analizando toda esta información, es de suma importancia contar con equipos de uso simple y fácil para la medición de la presión sanguínea que, a su vez, le permitan al usuario no solo obtener autónomamente sus mediciones de presión, sino también evaluar que esté tomada de manera correcta, e igual de importante, que sea capaz de enviar esta información a su doctor en un caso de teleconsulta o incluso de monitoreo durante uno o más días.

Para lo recién mencionado, existe la posibilidad de creación e implementación de un programa SMBP o Self Measured Blood Pressure Control Program, el cual se enfoca en el estudio, medición y control de la presión sanguínea de los pacientes fuera de recintos hospitalarios, pero teniendo un enfoque en la medición del hogar apoyada por la telemedicina [7]. Este programa es considerado como una

estrategia muy importante para no solo el combate contra la hipertensión, también para su diagnóstico, tratamiento e incluso para la prescripción de medicamentos, y está respaldado por el Surgeon General's Call to Action to Control Hypertension del año 2020 [5] y el White House Blueprint for Addressing the Maternal Health Crisis del año 2022 [6], pero cabe destacar que para obtener los resultados y el análisis más óptimo de las mediciones, se debe contar con la colaboración tanto del paciente como de su profesional encargado para poder eliminar y disminuir la mayor parte posible de los errores que pudiesen tener estas mediciones, como por ejemplo un correcto posicionamiento del tensiómetro y una correcta toma de medidas. Esto puede ser enseñado o mostrado durante una consulta de telemedicina, que normalmente tiende a ser la sesión anterior al comienzo del programa de SMBP [7].

La implementación de un SMBP, sumado a la correcta elección y uso de un equipo, podría ayudar a mejorar la condición de la salud de las personas que padecen o sospechan padecer de hipertensión, considerando que la telemedicina tiene un potencial grande para su uso en el control de la hipertensión, aun estando en sus primeras etapas de desarrollo y aunque dependa de la guía de los profesionales [47], pero igual de importante que el papel de los profesionales encargados es la transmisión de información hacia el profesional por parte del paciente.

En Estados Unidos durante el año 2019, solo un 6.9% de los pacientes hipertensos que usaban el programa SMBP enviaba la información a algún profesional de la salud [8]. Esto pudo ser por las diversas barreras como la poca familiaridad con estos sistemas y equipos, la falta de confianza en su profesional médico o que no se le explicó correctamente al usuario como lograr el correcto envío de los datos; estos factores, también llamadas barreras de paciente, son muy importantes en el proceso de evaluación y mejoría del paciente durante el tratamiento y son el principal problema que existe para el funcionamiento preciso de este tipo de tratamientos [46], por lo tanto, hay que tenerlas en cuenta en el momento de crear el programa.

En esta memoria de título se evaluarán distintas características de equipos y aplicaciones para el telemonitoreo de la presión arterial, utilizando un programa de SMBP con voluntarios los cuales utilizaran estas herramientas, además, teniendo en cuenta estos resultados, se crearán aplicaciones enfocadas en simplificar el registro y almacenamiento de los registros de presión para los pacientes y para simplificar y facilitar la visualización de los datos de presión de estos, incluyendo herramientas como el uso de gráficos y alertas de mediciones potencialmente altas para los doctores, añadiendo también una función que transformara los archivos .csv que utilizan y envían las aplicaciones

estudiadas a archivos .txt que podrán ser leídos y utilizados con la aplicación de visualización de registros.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la facilidad de almacenamiento, análisis y envío de datos de presión del paciente de forma remota hacia el profesional de la salud mediante el uso conjunto de un equipo digital de medición de presión sanguínea y una aplicación móvil para su uso en la telemedicina, y con ello desarrollar herramientas o aplicaciones de apoyo para la facilitación del monitoreo para el paciente y el profesional.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar distintos equipos de medición de presión sanguínea compatibles con el envío de datos mediante un estudio técnico.
- Seleccionar de diferentes aplicaciones móviles de análisis, almacenamiento y transferencia de datos de presión sanguínea.
- Evaluar los equipos y aplicaciones seleccionadas mediante pruebas de toma de presión y envío de datos durante un periodo de prueba con voluntarios escogidos dentro de la Universidad de Concepción, utilizando un programa de SMBP.
- Validar el estudio práctico mediante entrevistas y reuniones con cardiólogos de la región, con el fin de compartir los resultados, conseguir opiniones y testimonios.
- Desarrollar herramientas de almacenamiento y registro de datos de presión para los usuarios, utilizando herramientas de detección de textos
- Desarrollar herramientas de visualización de datos de presión para los profesionales de la salud.

1.3. Alcances y Limitaciones

- i. El alcance de esta memoria de título es el uso y evaluación de dos tensiómetros digitales, los cuales funcionan mediante una app asociada. Se empleará un programa de automedición de presión sanguínea utilizando voluntarios dentro de la Universidad de Concepción. Se plantea conseguir dispositivos que permitan el envío de datos de forma directa mediante la conexión

a aplicaciones móviles u otros métodos, además de emplear un programa de automedición de presión sanguínea en adultos mayores o en pacientes ambulatorios de algún hospital en conjunto con algún profesional de la salud.

- ii. Las limitaciones que presenta esta memoria de título son la cantidad de equipos disponibles, se presentan dos modelos de distintas marcas, por lo que, si se llegase a averiar uno de estos equipos, ya sea por mal manejo o algún fallo técnico, este retrasaría las pruebas de medición y el envío de datos, además de suponer un costo monetario extra. También se tiene que encontrar a los voluntarios, tanto usuarios con presión sanguínea normal como pre y/o hipertensivos dentro de la universidad. Puede suponer un problema si no se encuentran voluntarios suficientes, por lo que el desarrollo del estudio depende también en gran parte de esta búsqueda.

1.4. Estudio Bibliográfico

El uso de la telemedicina para el tratamiento y monitoreo de la hipertensión es un tema que tomó tracción, como la mayoría de los temas asociados a la telemedicina, durante y post la pandemia. Un gran número de investigaciones y papers se han publicado corroborando la utilidad que brinda la telemedicina en las terapias antihipertensivas, como por ejemplo *Efficacy of Telemedicine in Hypertension Care Through Home Blood Pressure Monitoring and Videoconferencing: Randomized Controlled Trial* [41], publicado en el año 2022, el cual investigó y evaluó la eficacia y seguridad del uso de la telemedicina para el tratamiento de la hipertensión. Para ello, separaron a 99 personas en 2 grupos diferentes, uno de ellos utilizando tratamientos antihipertensivos normales, consistentes de consultas presenciales con cardiólogos y utilizando equipos presentes en el recinto hospitalario, mientras que el segundo grupo utilizó estrictamente equipos digitales para la medición de presión desde el hogar, sumado a teleconsultas con los cardiólogos encargados.

El estudio, que tuvo una duración de doce meses, concluyó que el uso de la telemedicina para el tratamiento y monitoreo de la hipertensión no es solamente seguro, sino que los voluntarios que utilizaron la telemedicina para su tratamiento consiguieron una reducción mayor en sus valores de presión sanguínea que los pacientes que utilizaron métodos tradicionales, lo que refleja un gran potencial en su uso, lo que se puede ver en la tabla 1-1.

Tabla 1-1. Tabla de resultados de uso de la telemedicina en terapias antihipertensivas [41].

	Usual care group (n=46), mean (SD)	Telemedicine group (n=48), mean (SD)	P value
Morning			
Home systolic blood pressure (mmHg)	134.0 (8.6)	130.6 (10.3)	.09
Home diastolic blood pressure (mmHg)	90.6 (7.2)	88.3 (7.7)	.14
Home pulse rate (bpm)	71.6 (8.0)	69.7 (7.5)	.25
Evening			
Home systolic blood pressure (mmHg)	131.6 (8.7)	125.8 (11.5)	.007
Home diastolic blood pressure (mmHg)	87.2 (7.5)	82.5 (7.5)	.003
Home pulse rate (bpm)	76.3 (9.4)	74.2 (8.5)	.27

Otro estudio llamado *Improving Access to Cardiovascular Care Through Telehealth: A Single-Center Experience* [42], publicado el año 2023, investigó el impacto que tiene la telemedicina al brindar acceso a tratamientos a más personas. Para esto, durante un periodo de 12 meses, se estudiaron los valores y los datos demográficos de 3316 consultas médicas del área de cardiología que mostraban cuántas personas accedían a los tratamientos cardiológicos para la hipertensión. El estudio mostró que, desde la implementación de la telemedicina, hubo un aumento de personas que asistieron a tratamientos antihipertensivos de alrededor de un 7.2%, además que un mayor número de personas terminaron sus tratamientos antihipertensivos con el uso de la telemedicina que asistiendo a consultas presenciales en los recintos hospitalarios. Se concluyó que la telemedicina aumenta el acceso de las personas a los tratamientos de la hipertensión, debido a que estas tienden a atender a un mayor número de teleconsultas comparado con consultas en persona, este resultado se puede ver en la tabla 1-2.

Tabla 1-2. Tabla de asistencia a consultas de terapia antihipertensiva [42].

Telemedicina	Asistencia a las citas		P Value
	Se presenta	No se presenta	
Sin Telemedicina	1.099(70,04%)	470(29.96%)	<0.001
Con Telemedicina	1.349(77.22%)	398(22.78%)	

El uso de la telemedicina para el monitoreo de la hipertensión es un tema que no solo está ganando terreno en el mundo, sino que su estudio y empleo está siendo considerado por su gran utilidad, como se puede ver en los estudios mencionados anteriormente. Por lo tanto, se debe buscar la manera de implementar esta herramienta para su uso en el país, considerando que los más beneficiados por el uso de esta serían las personas adultas mayores y pacientes con alguna

discapacidad que no les permita acceder a consultas en recintos hospitalarios. Además, permitiría el acceso a tratamientos contra la hipertensión en áreas más remotas o áreas en donde acceder a una consulta con un cardiólogo no sea sencillo, como en ciertas zonas rurales.

1.5. Metodología

Para la metodología utilizada se comenzó por realizar un estudio de mercado a diferentes equipos digitales de medición de presión sanguínea que estuviesen presentes en el mercado del país, esto con la intención de seleccionar y comprar dos equipos para evaluar sus características y su uso en un estudio práctico, sumado a esto, se hizo también el estudio y la selección de aplicaciones móviles las cuales fueron utilizadas y evaluadas en conjunto con estos equipos en un estudio práctico, finalizando el estudio con 2 equipos seleccionados en conjunto a 2 aplicaciones.

Luego, se buscó adaptar e implementar un programa SMBP para su uso en el estudio práctico considerando el alcance y los objetivos de esta memoria, utilizando como base diferentes artículos y programas médicos, además de buscar diferentes materiales de apoyo que podrían ser de utilidad para los voluntarios de las pruebas prácticas.

Después, se trabajó en las pruebas prácticas de la memoria, partiendo por la búsqueda de voluntarios dentro de la Universidad de Concepción, para seguir con la puesta en marcha del estudio práctico y finalizar con el estudio de las respuestas de los voluntarios y las entrevistas con los distintos profesionales del área de la salud, en donde se buscó validar el estudio y comentar sobre su posible impacto en el área de la telemedicina en el país.

Finalmente, se desarrollaron las aplicaciones necesarias para el registro y almacenamiento de datos, enfocada en los usuarios o pacientes, para la visualización y estudio de estos registros de presión, enfocada en los profesionales de la salud, y en la conversión de los archivos .csv con los que trabajaban las aplicaciones anteriormente estudiadas a archivos .txt que funcionan con nuestras nuevas aplicaciones desarrolladas, enfocadas a aumentar la accesibilidad de la aplicación creada para que pueda ser utilizada con más tipos de aplicaciones fácilmente accesibles.

1.6. Temario

1. Capítulo 1: En esta sección está la introducción, donde se explica la motivación de este trabajo según el estudio del problema y su evolución en el tiempo, investigando diferentes referencias que aluden a cómo se puede resolver el problema para finalmente, plantear una solución acorde.
2. Capítulo 2: En esta sección está el marco teórico, en el cual se entrega contexto sobre el tema y las tecnologías que se han desarrollado en el área. Además, se describe la información más relevante del análisis bibliográfico
3. Capítulo 3: En esta sección está el desarrollo de la memoria de título, comentando y analizando el trabajo realizado según los objetivos planteados anteriormente y siguiendo la metodología entregada.
4. Capítulo 4: En esta sección se mostrarán los resultados de la memoria de título, explicados y presentados en conjunto con las tablas y gráficos que corresponden.
5. Capítulo 5: En esta sección están las conclusiones del trabajo hecho, además de cualquier trabajo a futuro que se pueda lograr hacer con el tema de esta memoria de título.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1. Introducción

En esta sección se hizo el estudio previo necesario para hacer el uso de los tensiómetros digitales, tales como su mecanismo de funcionamiento, como se ocupan y precauciones de su uso. Además, se hará la revisión de cómo crear un SMBP de forma más exhaustiva, se revisarán los pasos a seguir, generalidades y los cuidados necesarios, y finalmente, se estudiará la anatomía cardíaca, su factor en la hipertensión y qué se ha hecho para su control y estudio en el último tiempo.

2.2. Tensiómetros Mecánicos y Digitales

Dentro de las opciones existentes para medir la presión sanguínea de los pacientes, uno de los equipos más comunes son los esfigmomanómetros, también conocidos como tensiómetros, de los cuales existen 2 tipos: los tensiómetros manuales, como el presente en la figura 2.1, se utilizan en combinación con un estetoscopio para medir la presión arterial al escuchar los ruidos de Korotkoff, donde el primer sonido al empezar a desinflar el mango corresponde a la presión arterial sistólica y el último corresponde a la presión arterial diastólica [9][10]. Esta forma de medir la presión sanguínea normalmente necesita de la presencia de un profesional de la salud o, en su ausencia, de una persona que conozca no solo el funcionamiento de ambos instrumentos necesarios, sino también de cómo utilizarlos de forma óptima, por lo que su uso no es tan común en las mediciones ambulatorias o en las auto mediciones. Para este caso tenemos el segundo tipo de tensiómetros, llamados tensiómetros digitales.



Fig. 2.1. Componentes de un tensiómetro manual [11].

Los tensiómetros digitales, visto en la figura 2.2, tal como su nombre dice, son equipos médicos que permiten una medición y entrega de datos fácil y rápida, sin mucha necesidad de conocimientos médicos para su uso. A diferencia de los tensiómetros manuales, estos equipos trabajan de forma automática, tanto en el inflado del brazalete como en la toma y entrega de datos, los cuales se muestran típicamente en pantallas de fácil observación. Su facilidad de uso, rapidez de entrega de resultados y características como alarmas de mal uso o posicionamiento, conectividad a aplicaciones móviles para el almacenamiento y seguimiento de datos en algunos equipos selectos, hacen que los tensiómetros digitales sean una excelente opción para el seguimiento de la presión arterial desde el hogar[9], mas cabe destacar que estos equipos presentan un rango de error rondando desde los ± 3 mmHg hasta los ± 7 mmHg según el equipo a utilizar[48], el cual debe ser especificado en el manual de uso del equipo.



Fig. 2.2. Tensiómetro digital [12].

2.3. Programas de Seguimiento Autónomo de Presión Sanguínea

Un telemonitoreo SMBP se refiere al proceso de automedición, guardado y envío de datos de presión sanguínea hechos por el mismo paciente hacia el profesional de la salud encargado, con el objetivo de su análisis, estudio y tratamiento. Este programa debe ser implementado y acordado en una colaboración entre el paciente y el profesional médico, asegurando la seguridad y eficacia de este por el lado del profesional, y asegurando la constancia y comunicación por el lado del paciente [7].

Para la implementación de un telemonitoreo SMBP es necesario tener en cuenta una serie de características o consideraciones necesarias para garantizar las condiciones óptimas antes, durante y después de este. Los pasos necesarios son [7]:

- a) **Creación de un programa de prestado de equipo para el SMBP:** Corresponde a un tratado o contrato donde participa el paciente con el profesional. Se presenta un documento en el cual el paciente declara aceptar ser parte del programa, cómo obtendrá el equipo (que normalmente es suministrado o prestado por el profesional o el recinto en el que trabaja), quién es el profesional médico con el que trabajará, cuántas mediciones al día tomará, a qué horas serán estas mediciones, por cuánto tiempo seguirá este programa y su compromiso a comunicar los resultados de las mediciones [13].
- b) **Asignación de un equipo de trabajo y adaptación del flujo de trabajo:** En este paso se le asigna al paciente un equipo de trabajo si es que es necesario, que puede corresponder a enfermeros o TENS, médicos o cualquier profesional de la salud capaz de ayudar al paciente en cualquier paso del programa SMBP. Para esto existen diferentes capacitaciones cortas, de acceso gratuito e informativas, creadas por distintas instituciones para informar tanto al paciente como al posible equipo de cómo funcionan estos programas y el funcionamiento de los equipos [14][15][16].
- c) **Selección del equipo de medición a utilizar:** Durante este proceso se escogerá el tensiómetro que se utilizará durante todo el programa SMBP, en donde el profesional encargado analizará las características del paciente para así poder escoger la mejor opción de equipo, partiendo desde la edad del paciente, tamaño del brazalete necesario y/o si la paciente se encuentra embarazada (ya que hay equipos validados para su uso en pacientes embarazadas). También analizará las características de los equipos, como su validación por diversas instituciones, conectividad con aplicaciones móviles, plataformas externas o bluetooth, e incluso factores como el precio y la disponibilidad de los equipos [17][18][19][20].
- d) **Entrenamiento a pacientes sobre posicionamiento y uso de los equipos:** En este paso se explicará de forma detallada y comprensiva todo lo necesario para el correcto uso del equipo seleccionado y la correcta medición de la presión, es decir, el posicionamiento del equipo. Puede ser en la muñeca o en el brazo dependiendo del equipo, el uso y las funciones correspondientes al mismo, indicaciones antes de tomar la medición y cualquier otro detalle importante para que la medición de la presión se realice con precisión [21][22][23].
- e) **Desarrollo de un proceso para el manejo de las presiones medidas:** Se refiere a cómo se pueden estudiar y analizar las medidas de presión sanguínea conseguidas por el paciente. Uno de los métodos más simples y recomendados es que, después de tres días de mediciones, el primero se toma como prueba y luego, se promedian las mediciones de los otros dos días

restantes. Este método se puede repetir con el pasar de los días utilizando herramientas como Excel o distintas aplicaciones y herramientas asociadas a los equipos [14][24][25].

- f) **Desplegar un protocolo para mediciones SMBP:** Con esto se busca planificar los pasos a seguir según como se desarrolle el programa SMBP, ya sea si se deba frenar el programa por algún imprevisto o continuar al notar un avance positivo o progreso en el programa en sí [16].
- g) **Implementación de softwares para el guardado y la transmisión de datos:** Se busca encontrar y emplear la forma de almacenar y enviar los datos obtenidos por el paciente hacia el profesional correspondiente, que las herramientas utilizadas sean de fácil comprensión y manejo es de suma importancia. Es esencial para la mejoría en la condición del paciente que el profesional conozca el progreso de las medidas de la forma más directa, rápida y clara posible. Como ya se mencionó, un porcentaje no menor de los programas SMBP empleados falla debido a problemas con esta característica, la poca o nula comunicación paciente-profesional puede llegar a transformarse en una pérdida de recursos, tanto monetarios como de equipo y del tiempo del personal, y en el deterioro de la salud del paciente con el transcurso del tiempo [8][26].
- h) **Evaluación del programa SMBP:** Corresponde a el análisis del programa antes, durante y después de su implementación, ya sea para asegurarse de que todas las decisiones tomadas son para el bien del paciente en el antes, evaluar que el programa de verdad está ayudando al paciente durante el progreso en el durante y que luego de que el programa concluya, que la implementación del mismo fue la opción correcta para el monitoreo del paciente [7].

2.4. Anatomía de la Hipertensión

El corazón bombea sangre rica en oxígeno a través de todo el cuerpo mediante las arterias y la fuerza necesaria para bombear esta sangre a través de ellas es conocida como la presión sanguínea [27]. Cabe destacar que el valor de la presión sanguínea fluctúa dentro de rangos aceptables todo el tiempo y por distintos factores, como por ejemplo la edad, el uso de medicamentos, los movimientos bruscos, etc [27].

Tabla 2-1 Niveles de presión sanguínea.

Categoría	Presión Sistólica(mmHg)	Presión Diastólica(mmHg)
Normal	<120	<80
Elevada (Prehipertensión)	120-129	<80
Hipertensión nivel 1	130-139	80-89
Hipertensión nivel 2	140-180	90-120
Hipertensión nivel 3	>180	>120

La presión sanguínea está separada en dos valores: el primero de estos es la llamada presión arterial sistólica o PAS, que se refiere a la presión con la que el corazón empuja la sangre a través del cuerpo. Este valor suele ser el valor más alto en las mediciones de presión sanguínea, donde su rango normal es de los 90 mmHg hasta los 119 mmHg. El otro valor corresponde a la presión arterial diastólica o PAD, que es la presión del corazón entre cada latido, y su rango normal es desde los 61 mmHg hasta los 80 mmHg [27][28].

La medición de la presión sanguínea, o más específicamente, su monitoreo, es muy importante para prevenir y detectar posibles enfermedades y anomalías cardíacas presentes en el paciente. Una alta presión sanguínea no se hace notar mediante la presencia de síntomas, y por lo tanto, la mejor forma de saber si el paciente sufre de algún nivel de hipertensión es con el monitoreo nombrado anteriormente, más aún en personas de alto riesgo como lo pueden ser personas obesas, con predisposición genética, adultos mayores o gente que consume algún tipo de drogas [29].

Una presión sanguínea alta que nunca ha sido monitoreada o tratada puede llegar a ser un problema muy severo para un alto número de personas, incluso podría llegar a ser fatal para gente perteneciente al grupo de riesgo, ya que la hipertensión en muchos casos conlleva a condiciones más severas [30], siendo algunas las siguientes:

- a) Ceguera: Los vasos sanguíneos de los ojos pueden verse afectados debido a la constante de una presión sanguínea alta con el paso del tiempo. Algunas de las condiciones ligadas a la ceguera son la retinopatía, que se caracteriza por la disminución del flujo de sangre hacia la retina, produciendo ceguera parcial o total; o la neuropatía óptica, en donde la falta de flujo sanguíneo daña o mata los nervios ópticos del paciente, produciendo ceguera temporal o permanente dependiendo de la severidad del daño [31].
- b) Ataques cardíacos: El daño y estrés producido por la hipertensión a las arterias coronarias hacen que se estrechen por la formación de placa, que es una acumulación de colesterol o grasas; este proceso, mostrado en la figura 2.3 es llamado aterosclerosis [32]. Cuando la

acumulación llega a niveles muy altos, esta puede bloquear el flujo sanguíneo, dejando al corazón sin oxígeno y nutrientes, lo que lleva a daños o muerte en el tejido y las células cardiacas, y como consecuencia final al paro cardiaco.

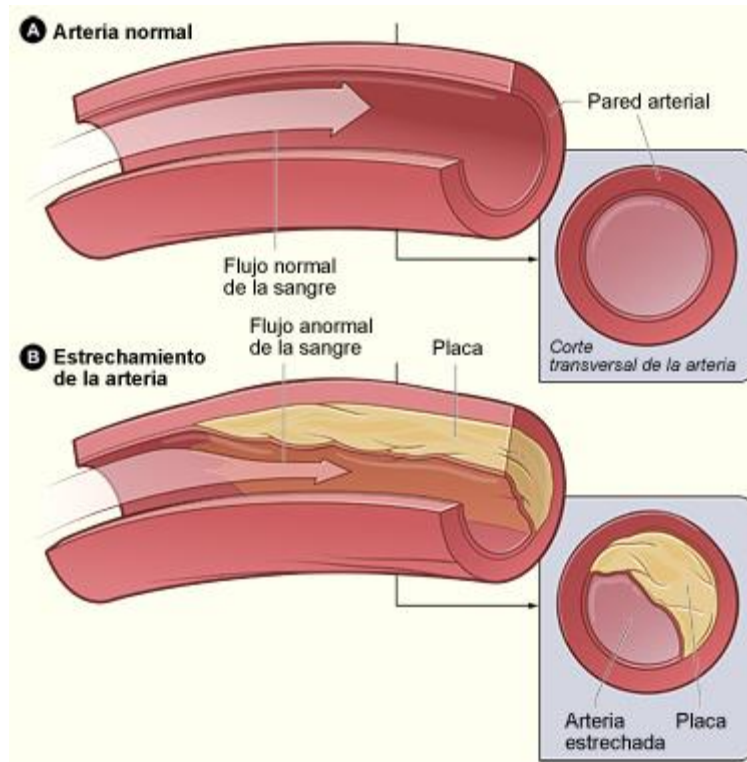


Fig. 2.3. Anatomía de la Aterosclerosis [33].

- c) **Disección Aórtica:** Esta condición se caracteriza por la formación de fisuras en la capa más interior de la arteria aorta, luego el flujo sanguíneo hará que la sangre fluya por esa fisura, causando que aumente su tamaño y empiece a dañar las demás capas de la arteria hasta formar un corte en la arteria, provocando que la sangre empiece a salir hacia el exterior de la pared aórtica, como se puede ver en la figura 2.4. Cuando llega a este punto, es normal que la condición se vuelva fatal [34].

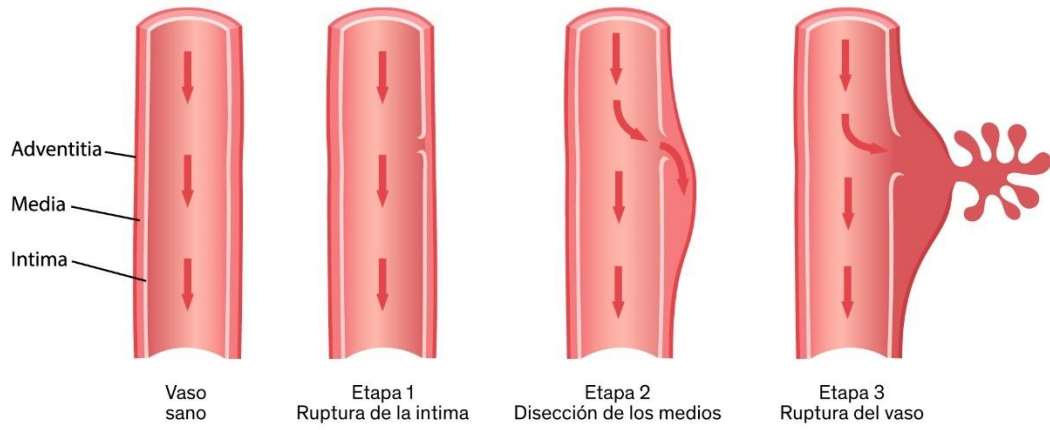


Fig. 2.4. Anatomía de la Disección Aórtica [35].

2.5. Aplicaciones de Monitoreo de Presión Sanguínea y su Funcionamiento

Con el avance de la tecnología y su consecuente masificación del uso de dispositivos móviles, las personas tienen las herramientas para alcanzar las soluciones necesarias a distintos problemas. En el caso de la hipertensión, muchísimas aplicaciones han aparecido para ayudar a las personas a que su experiencia de monitoreo de su estado de salud sea lo más fácil y simple de seguir.

Para el año 2023, se tienen alrededor de 331 millones de usuarios de aplicaciones relacionadas con la salud, y en el mismo año, diferentes aplicaciones relacionadas se descargaron alrededor de 379 millones de veces [43], siendo el mayor número de estas aplicaciones enfocadas en la hipertensión, la diabetes y la pérdida de peso [44]. Ofrecen diferentes herramientas que ayudan a los usuarios no solamente a registrar y visualizar diversos aspectos de su salud, sino también para obtener un estudio de los resultados e incluso compartir estos resultados a profesionales, quienes en conjunto con el usuario pueden ayudar a mejorar su calidad de vida.

En un estudio de 184 aplicaciones móviles, presentes tanto en la App Store de IOS como la Play Store de Android, se puede notar que las características y herramientas más comunes en estas aplicaciones son el guardado local de los registros de presión (98.4%), fecha y hora de la medición (98.9%), herramientas para análisis (85.9%) y función de exportación de los datos (65.2%). Cabe destacar que estas herramientas son clave para el monitoreo de la presión arterial de los usuarios, pero que funciones igual de importantes están poco presentes, como la función de recordatorio mediante notificaciones (28.8%) o la posibilidad de almacenar los registros en un servidor en la nube (10.3%) [45], lo cual se puede ver en la tabla 2-2.

Aunque el estudio anterior no indica la presencia de un tutorial de uso y/o explicación por pasos de parte de la misma aplicación, en general presentan una interfaz clara y simple de navegar, pensada en la comodidad del usuario. Para usuarios que necesiten un apoyo extra, como lo son por ejemplo los adultos mayores o personas con discapacidad visual, es necesario que estas aplicaciones además cuenten con herramientas de accesibilidad, y si no cuenta con ellas, que el profesional sea capaz de instruir correctamente sobre cómo utilizarlas, entregando toda la información y material necesario para que el usuario pueda usar la aplicación correspondiente de forma cómoda y correcta.

Tabla 2-2 Presencia de características clave en aplicaciones para el monitoreo de la presión [45].

Characteristics	All apps (n=184), n (%)	Android (n=104), n (%)	iOS (n=80), n (%)	P values
Pricing				
Free	143 (77.7)	92 (89.4)	50 (62.5)	<.001
No advertisements ^a	95 (66.4)	55 (59.1)	40 (80.0)	.01
Personal data				
Age	75 (40.8)	42 (40.4)	33 (41.3)	.91
Gender	75 (40.8)	41 (39.4)	34 (42.5)	.67
Height	71 (38.6)	44 (42.3)	27 (33.7)	.24
Weight ^b	99 (53.8)	62 (59.6)	37 (46.2)	.07
Blood pressure measurements				
Side (left or right arm)	28 (15.2)	21 (20.2)	7 (8.8)	.03
Position (eg, sitting, lying)	26 (14.1)	20 (19.2)	6 (7.5)	.02
Date and time ^b	182 (98.9)	103 (99.0)	79 (98.8)	.85
Other features				
Reminder function ^b	53 (28.8)	30 (28.8)	23 (28.7)	.99
Analysis tool ^b	158 (85.9)	92 (88.5)	66 (82.5)	.25
Data export ^b	120 (65.2)	60 (57.7)	60 (75.0)	.02
Data upload from blood pressure meter	27 (14.7)	12 (11.5)	15 (18.7)	.17
Needs Web access to function	10 (5.4)	8 (7.7)	2 (2.5)	.12
Password protection	43 (23.4)	20 (19.2)	23 (28.7)	.13
Data storage (local)	181 (98.4)	102 (98.1)	79 (98.8)	.72
Data storage (cloud)	19 (10.3)	15 (14.4)	4 (5.0)	.04

2.6. Discusión

Al conocer el funcionamiento de los equipos de medición de presión sanguínea, la implementación de un programa de automedición de la misma y la importancia de su monitoreo, podemos trabajar en hacer llegar las soluciones ya planteadas de la forma más simple, comprensiva, y rápida; partiendo desde el estudio de posibles equipos a utilizar para la medición de la presión arterial, como el empleo de un SMBP para su telemonitoreo, empleando una evaluación de tanto los equipos como del programa e incluso creando una herramienta de fácil uso para la detección, almacenamiento y envío de los datos de la presión sanguínea de los pacientes, utilizando los equipos previamente seleccionados.

Cabe destacar que este trabajo no busca la creación de un programa SMBP listo para su empleo en actividades médicas, ni crear una herramienta de uso masivo para sus usos nombrados anteriormente, sino que busca crear estas herramientas para complementar la evaluación de los equipos médicos y aplicaciones que se utilizarán en esta memoria, para que en un futuro se pueda

aumentar el uso de estos equipos en el telemonitoreo de la presión sanguínea en personas que pudiesen beneficiarse de esto, como lo son adultos mayores o personas con movilidad reducida que no puedan ir a consultas médicas a un recinto hospitalario o que necesiten un monitoreo constante de su presión sanguínea.

Capítulo 3. Desarrollo

3.1. Introducción

En el siguiente capítulo se explica el desarrollo de la memoria de título, abarcando temas como el estudio, selección y obtención de los equipos elegidos para sus evaluaciones, estudio de las aplicaciones seleccionadas, sus características, herramientas y plataformas asociadas. Se suma el estudio y creación de un programa SMBP a menor escala, adaptado para pruebas y evaluaciones de los equipos seleccionados, basándose en la información entregada y estudiada en el marco teórico, la creación del formulario para voluntarios que participen en el periodo de pruebas prácticas, que fue enviado y aprobado por el comité de ética y bioética de la universidad de Concepción, una vista en macro de las pruebas prácticas y, finalmente, la puesta en marcha de estas.

3.2. Estudio y Selección de Equipos

Con tal de poder seleccionar los equipos que serán evaluados durante este trabajo, se hizo un estudio de mercado de distintos tensiómetros digitales, utilizando el método comúnmente usado en los procesos de licitaciones de equipos por medio del mercado público. El objetivo de este estudio es no solo conocer las características de distintos equipos presentes en el mercado, sino también compararlos y seleccionar dos de ellos.

El estudio de mercado hecho se puede ver en el anexo A., donde se compararon tres equipos distintos con disponibilidad de compra en el mercado en Chile. Todos los equipos estudiados contaban de una u otra manera con capacidades de conexión a una app, por lo que se decidió por comprar el equipo Omron HEM-7122 con un precio de \$42.990 CLP y el equipo Braun ExactFit 1 con un precio de \$46.990 CLP.

El equipo Omron, que se ve en la figura 3.1, tiene una compatibilidad directa con la app OMRON connect, la cual es gratuita y está disponible en idioma español en los sistemas operativos Android y Apple. La aplicación le permite al usuario almacenar y enviar los datos de las mediciones del equipo con su profesional de la salud, mediante el escaneo de la pantalla del equipo utilizando la cámara del celular. Además, admite el estudio y análisis de las medidas de presión, mostrando las tendencias de esta a cambiar durante el día y actualizando al usuario de su salud mediante la función llamada Bp Diary, dentro de la misma app.



Fig. 3.1. Tensiómetro Digital Omron HEM-7122.

Por otra parte, si bien el equipo Braun, presente en la figura 3.2, cuenta con una aplicación asociada llamada Braun Healthy Heart, esta no posee una compatibilidad directa. Los datos obtenidos por el equipo deben ser ingresados manualmente a la aplicación para poder luego ser almacenados y enviados desde la misma app, además de hacer un seguimiento del estado de salud del individuo según los datos ingresados. Sumado a una interfaz y usabilidad no muy amigables, hacen que la aplicación de Braun no sea óptima para el manejo de datos.



Fig. 3.2. Tensiómetro Digital Braun ExactFit 1.

Ya que uno de estos equipos funciona mediante una aplicación propia, es decir, cerrada a sus marcas y modelos de equipos, y el otro tiene una aplicación muy deficiente en cuanto a claridad, se tiene que buscar una alternativa de aplicación que sea capaz de funcionar con ambos equipos y que además cumpla con todas las funciones necesarias para poder lograr el telemonitoreo de los pacientes, y de no encontrarse una alternativa lo suficientemente buena, se debe crear una herramienta que cumpla con lo pedido.

3.3. Estudio y Selección de Aplicaciones Móviles

Para la selección de las aplicaciones móviles que serán utilizadas en conjunto con los equipos se tuvieron en cuenta diferentes aspectos, tales como la compatibilidad con los equipos, la facilidad de acceso y de uso, costos asociados al uso de la aplicación y funciones, entre otros. De lo anterior, se llegaron a dos aplicaciones que se utilizarán para el almacenamiento, análisis y envío de datos de presión de los voluntarios.



Figura 3.3. Aplicación OMRON connect en tienda App Store de Apple IOS [36].

La aplicación que será utilizada en conjunto con el equipo Omron HEM-7122 es OMRON connect y fue desarrollada por Omron Healthcare, la misma empresa que fabricó el tensiómetro digital previamente mencionado. Puede descargarse de forma gratuita en todas las tiendas de aplicaciones de tales como la App Store de IOS, como se muestra en la figura 3.3, o la Play Store de Google. Presenta una interfaz simple y de fácil uso y manejo como se muestra en la figura 3.4.

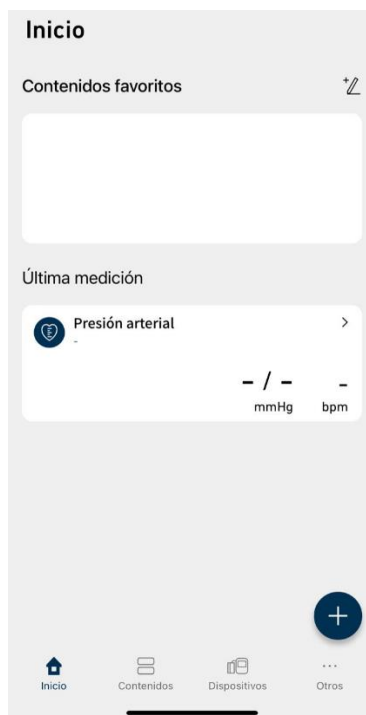


Figura 3.4. Interfaz de usuario de la aplicación OMRON connect [36].

OMRON connect permite al usuario almacenar sus datos de presión sanguínea mediante el escaneo de la pantalla del tensiómetro digital que se está ocupando, con la particularidad de que solo se detectará la medición si el equipo es de la empresa, por lo que la aplicación es compatible con todos los tensiómetros digitales Omron presentes en el mercado. Al detectar la medición, la aplicación almacenará los datos de la forma vista en la figura 3.5, para un posterior análisis o transferencia de datos.

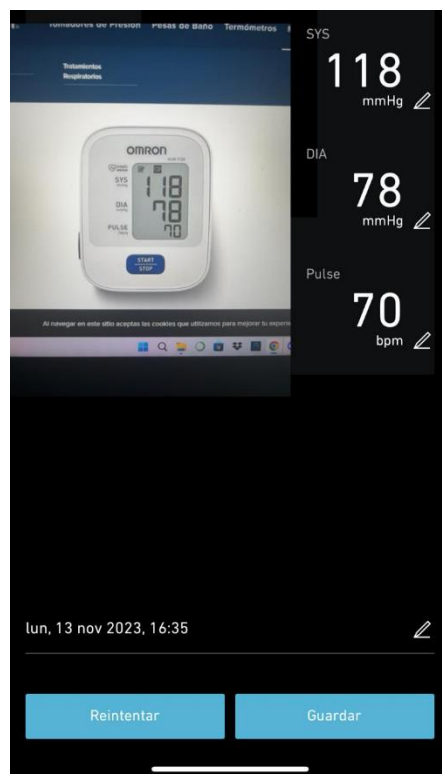


Figura 3.5. Escaneo de pantalla de tensiómetro digital en OMRON connect [36].

Ya contando con los datos almacenados en el equipo, los cuales tendrán como nombre predeterminado la fecha y hora de cuando se realizó la medición, se puede acceder a ellos en el apartado llamado Última medición, apretando el cuadrado llamado Presión arterial en la interfaz de usuario. Desde esta sección se puede ver el historial de mediciones en un rango que va desde el día a día hasta su estudio anual; gracias a esta función, el usuario puede ver de forma clara el comportamiento de su presión sanguínea en un periodo de tiempo determinado, lo que puede facilitar de gran manera el estudio por parte de un profesional.

Desde la sección de Presión sanguínea se pueden exportar los datos directamente en formato CSV como se muestra en la figura 3.6, que permite el fácil uso de los datos en plataformas como Excel o Google Spreadsheet debido a su fácil transformación en tablas. Este archivo que contendrá las mediciones de presión sanguínea del usuario puede ser enviado de diferentes formas e incluso almacenado en plataformas como Google Drive o Dropbox desde la misma aplicación, por lo tanto, existe una gran versatilidad para enviar la medición de presión al profesional encargado del paciente. La transferencia de información es rápida y de fácil acceso. Debido a las funciones previamente mencionadas, la aplicación OMRON connect es una excelente opción preliminar para el telemonitoreo de la presión sanguínea de pacientes, pero solo si estos están ocupando equipos de la misma empresa.

Exporte los datos de medición

¿Está usted de acuerdo en exportar sus datos vitales?

Los datos de mediciones registrados pueden exportarse como archivo CSV a su dirección de correo electrónico seleccionando el período deseado y la categoría de medición. El archivo también se almacena temporalmente en su teléfono.

Si no recibe el correo electrónico, compruebe lo siguiente.
- Es posible que el correo electrónico esté en su carpeta de correo no deseado.

Exporte los datos de medición

Por favor seleccione la categoría y el período de los datos de medición de salud que desea exportar.

Categoría	Presión arterial
Período	
Desde	oct 2023
Hasta	nov 2023

Estoy de acuerdo

No estoy de acuerdo

Exportar

Figura 3.6. Proceso de exportación de datos en aplicación OMRON connect [36].

La segunda aplicación que se utilizará será SmartBP, desarrollada por Evolve Medical Systems, una empresa estadounidense centrada en la creación de aplicaciones móviles para el monitoreo de la salud [37]. Esta aplicación puede obtenerse de forma gratuita mediante las tiendas de aplicaciones más utilizadas, como la App Store de IOS, como se ve en la figura 3.7, y la Google Play Store, y además de presentar la versión gratuita, también ofrece una versión pagada la cual no solo elimina la publicidad de la aplicación, sino que también habilita nuevas opciones para analizar y enviar los datos de los pacientes. Para este trabajo se decidió trabajar con la versión gratis, ya que las opciones y funciones que ofrece son más que suficientes para el estudio y envío de datos que se analizarán en esta memoria, funciones tales como el almacenamiento de valores de la medición de la presión de los pacientes, envío de estos datos mediante correo o mensaje en formato CSV, resumen y análisis de tendencias de las mediciones e incluso función de recordatorio para próximas mediciones de presión.



Figura 3.7 Aplicación SmartBp en tienda App Store de Apple IOS [38].

La aplicación cuenta con una interfaz simple y clara, mostrada en la figura 3.8, donde la pestaña inicial nos muestra las secciones en se deben ingresar los valores de presión del usuario, claramente etiquetadas como SIS para la presión sistólica, DIA para la presión diastólica, PPM para el pulso y una sección para el peso del usuario. El ingreso de los valores de presión a esta aplicación es de forma manual: el usuario deberá ingresar los valores obtenidos en la pantalla del esfigmomanómetro digital dentro de la app, por lo que se recomienda utilizar un equipo que presente de forma clara los valores de presión. Para el presente trabajo, se ocupará el equipo Braun Exactfit 1 en conjunto con esta aplicación.

Siguiendo en la pantalla de inicio de la aplicación, al deslizar hacia abajo se tendrán dos secciones, las cuales corresponden al resumen de las mediciones y pueden ser analizadas según una o dos semanas en la versión gratuita, y llegando a un análisis anual mediante la opción paga. En esta sección de resumen tenemos valores importantes como el valor promedio de las presiones sistólica y diastólica, valores más altos y bajos, y la desviación estándar de estos. Bajo la sección de resumen, se pueden encontrar de manera clara las últimas mediciones ingresadas, con su respectiva fecha y hora de ingreso, junto con los valores y un estado de presión del usuario.

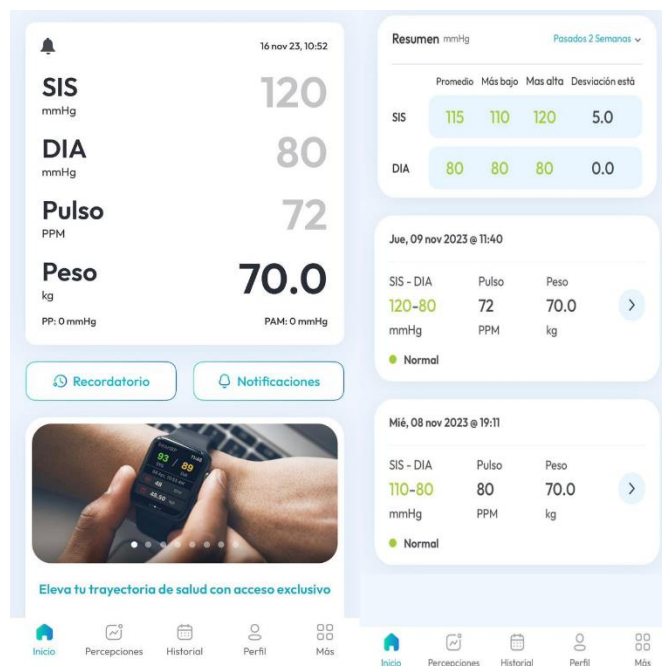


Figura 3.8. Interfaz de usuario de la app SmartBP [38].

Ya con los registros de presión ingresados, se puede pasar a la segunda pestaña de interés, la sección del historial, que le permite al usuario visualizar en forma macro todos los registros almacenados en la aplicación y de forma micro la información que puede proporcionar cada uno de los registros anteriormente mencionados. Estas mediciones pueden ser filtradas para buscar mediciones en específico, utilizando filtros como rango de fechas, etiquetas de registro, lugar de medición u hora, y estas etiquetas pueden ser agregadas a todos los registros por el usuario.

Desde esta misma pestaña, se puede acceder a la función de compartir, desde donde se puede exportar la información de las mediciones hacia el profesional de la salud de diferentes formas: por correo electrónico, por mensaje de texto al número telefónico, como archivo CSV e incluso como PDF, aunque esta última opción está habilitada solo para la versión paga. El usuario puede elegir qué registros quiere enviar, marcando el cuadrado que aparece al lado del nombre del registro, o mandar todos los registros almacenados al no marcar ninguna opción. Al enviarse, el correo mostrará no solo la información de las mediciones de presión, sino también la información del paciente: nombre, edad, sexo, altura, peso y si es fumador o no, los pasos anteriores se pueden ver en la figura 3.9. Cabe aclarar que la información proporcionada debe haber sido ingresada previamente dentro de la aplicación si quiere que sea compartida y de no ser el caso, el correo mostrara la información como NA o no aplica.

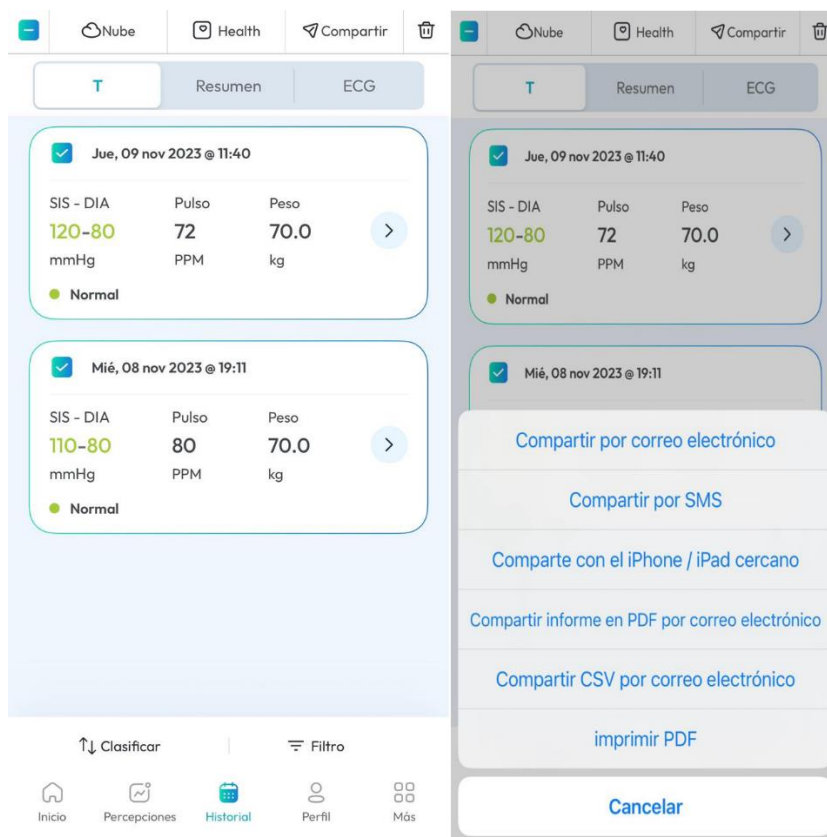


Figura 3.9. Proceso de exportación de datos en aplicación SmartBP [38].

Ya contando con los equipos y las aplicaciones definidas, se puede pasar a idear el programa de automedición de presión sanguínea que se aplicará en la próxima etapa.

3.4. Implementación y creación del programa SMBP

Según la OMS, para conseguir la medición de presión más precisa posible es necesario seguir una serie de instrucciones que aseguran un correcto ambiente, posicionamiento y toma de los datos de presión. Las instrucciones se muestran en la infografía incluida en el anexo B [21] y utilizando estos pasos, se puede instruir a los pacientes sobre cómo es el procedimiento de automedición de presión arterial.

El plan de SMBP buscará, dentro de un periodo de tiempo determinado, hacer que el paciente logre mediante un trabajo autónomo, con ayuda remota de un profesional encargado, la medición propia de sus valores de presión sanguínea ocupando las herramientas anteriormente estudiadas y siguiendo los pasos anteriormente mostrados. Es de suma importancia que antes de que se implemente el programa de SMBP, el paciente entienda de forma clara toda la información necesaria para que el programa se ejecute correctamente [39], es decir, el funcionamiento y uso tanto del equipo de medición de presión como de la aplicación, cómo registrar los datos de presión dentro de la aplicación

seleccionada, cómo enviar los datos de los registros de presión a través de dicha aplicación y también cómo contactar al profesional encargado en caso de cualquier problema o percance que se pueda tener dentro del periodo de estudio del SMBP.

Únicamente cuando se ratifica que el paciente en cuestión tiene el conocimiento bien integrado, explicado por el profesional encargado, se podría implementar el programa de SMBP. De no ser el caso, o de ser necesario por alguna otra situación externa, se puede instruir a un tercero, como por ejemplo a un cuidador o algún familiar en caso de pacientes de tercera edad, sobre cómo implementar el programa, teniendo cuidado de explicarle el motivo de la implementación del mismo y las ventajas que tiene sobre métodos tradicionales no ambulatorios [40].

Ya con lo anterior definido, se creó un plan SMBP de corta duración, siendo de una semana por paciente. El plan contemplará 5 mediciones de presión al día:

- a) Mañana: El paciente o voluntario se tomará la presión antes de tomar el desayuno, siguiendo los pasos mostrados en el anexo B. Se harán dos mediciones; una primera medición de adaptación o prueba, en donde el usuario se acomodará y ajustará a la medición y al proceso, y una segunda medición la cual será la utilizada para el estudio. La segunda medición será la que el usuario registrará en la aplicación seleccionada y entre las mediciones se tendrá un intervalo de 1 minuto [39].
- b) Mediodía: El paciente o voluntario se tomará la presión antes de almorzar, siguiendo los pasos mostrados en el anexo B. En este caso solo se tendrá una medición que contará como la oficial y será registrada en la aplicación seleccionada.
- c) Tarde/Noche: El paciente o voluntario se tomará la presión antes de tomar once o cenar, siguiendo los pasos mostrados en el anexo B. Se harán dos mediciones, una primera como prueba y una segunda medición será la oficial que será la registrada en la aplicación. Entre las mediciones se tendrá un intervalo de 1 minuto [39].

Al final del día, el usuario tendrá que enviar los registros de presión al profesional encargado o al encargado del estudio. Además, el usuario deberá completar una ficha en Excel después de cada medición. La ficha se puede ver en la figura 3.10 a continuación:

Nombres	
Apellidos	
Edad	
Sexo	
Fecha	

Lunes

Puntos a recordar:
-Evitar actividad física intensa hasta 30 minutos antes de la medicion.
-Evite comer desde 30 minutos antes de tomar la medicion.
-Mantengase en un ambiente relajado durante la medicion.
-En secciones donde se necesiten dos mediciones, recuerde esperar al menos 1 minuto entre mediciones.

Seccion	Hora	Presion Sistolica	Presion Diastolica	Pulso
Mañana				
Medio Dia/Tarde				
Noche				

Figura 3.10. Draft de plan de SMBP.

3.5. Estudio y Evaluación Práctica con Voluntarios

Ya teniendo los equipos, las aplicaciones y el plan de SMBP, se puede pasar al estudio práctico, que tiene las siguientes características:

- a) Participantes: Se buscarán voluntarios dentro de la Universidad de Concepción mayores de 18 años.
- b) Descripción del estudio: Los voluntarios deberán seguir un programa de SMBP durante una semana, en la cual utilizarán un conjunto equipo-aplicación para medir, registrar, analizar y enviar sus datos de presión sanguínea de forma autónoma, simulando así una situación de teleconsulta médica. Los voluntarios serán instruidos en una reunión inicial en cómo utilizar los equipos, cómo utilizar las aplicaciones, cómo realizarse una correcta medición de presión sanguínea y cómo enviar los registros de presión. Al término de la semana, los participantes deberán devolver los equipos y responder un cuestionario sobre su participación y el estudio, calificando el uso de las herramientas dadas.
- c) Duración: El estudio tendrá un periodo de 2 meses, trabajando con 2 voluntarios por semana por 8 semanas.
- d) Herramientas adicionales: Los equipos serán proporcionados por cuenta propia, las aplicaciones al ser gratuitas pueden ser descargadas de manera simple en los dispositivos móviles de los voluntarios, la infografía mostrada en el anexo B será impresa, plastificada y

entregada a cada uno de los voluntarios para su uso y acceso rápido de ser necesario, nuevas baterías para los equipos serán proporcionadas por cuenta propia de ser necesario.

3.6. Puesta en Marcha de las Pruebas Prácticas

Las pruebas prácticas con los voluntarios, aprobadas con el código CEBB 1658-2024 del comité de ética, bioética y bioseguridad de la Universidad de Concepción, se iniciaron el día martes 16 de abril y desde esa fecha en adelante se trabajará con 2 voluntarios por semana hasta cumplir con los 16 voluntarios. Se toma completa y total precaución en tener la reunión inicial siempre de forma presencial, dando toda la información necesaria con respecto al uso de los equipos y las aplicaciones, explicando cuál será el programa de automedición de presión que van a seguir y cuáles son los pasos que tendrán que hacer una vez terminada su participación. Dichos pasos son los siguientes:

- a) Reunión inicial: En esta instancia se les entrega los equipos y las aplicaciones a los voluntarios y se les proporciona toda la información correspondiente con respecto a su participación en el periodo de pruebas prácticas: se les explica cómo ocupar correctamente los equipos y las mediciones, cómo hacerse mediciones de presión de forma correcta y, finalmente, se hace una medición de prueba para ver que la instrucción dada fue clara. A los voluntarios se les entrega el consentimiento informado, que es leído junto con ellos antes de que firmen y acepten su participación, además de darles un periodo de tiempo en el cual pueden preguntar cualquier duda.
- b) Proceso de seguimiento de plan SMBP: Corresponde al periodo en donde los voluntarios, de manera autónoma, siguen el programa de SMBP y cumplen con las mediciones pedidas durante el periodo de tiempo acordado, el cual normalmente será desde el día de la reunión inicial hasta el domingo de esa semana. Deberán seguir las instrucciones dadas, monitoreando su progreso mediante el uso de un archivo Excel en donde guardarán su progreso y al final de la última medición del día, enviarán sus registros de presión mediante las opciones que presenta cada aplicación. Cuando la última medición del día domingo esté registrada, los voluntarios deberán enviar el Excel que han estado relleno durante la semana, para comparar que los resultados enviados por la aplicación y los resultados que ellos mismos han estado guardando sean correctos.
- c) Relleno de formulario final: Una vez enviados los últimos registros y el archivo Excel correspondiente, y que estos sean verificados, se les enviará a los voluntarios un link que los llevará a un sitio de Google Forms, donde deberán evaluar distintas características de los

equipos y las aplicaciones, su experiencia utilizando este conjunto de herramientas, su opinión con respecto su uso y su opinión con respecto a la aplicación práctica en el contexto medico actual en el país. Como se nombra anteriormente, se mantendrá la anonimidad de los voluntarios de esta prueba práctica y sus respuestas podrán ser utilizadas como información para otros trabajos y/o memorias que abarquen un tema similar. Además, las respuestas serán estudiadas y conversadas con diferentes profesionales de la salud, ya sean médicos generales o cardiólogos de la región, con los que se buscará no solo validar y respaldar el estudio hecho, sino también buscar la forma de, en un futuro, implementar este plan de trabajo en colaboración con algún recinto médico que esté dispuesto a adoptar esta iniciativa.

- d) Reunión final: Al finalizar su participación en el periodo de pruebas, se realizará una reunión final para la entrega de los equipos de presión, comentarios sobre su participación y agradecimientos. Se chequea que los equipos sean devueltos en buen estado, con todos los componentes y elementos que se encontraban inicialmente con este. Así finaliza su parte de las pruebas prácticas y da paso a los siguientes voluntarios, los cuales comenzaran el día después a la entrega de estos.

3.7. Diseño de aplicaciones de apoyo

Ya con las pruebas practicas concretadas, se tomaron en cuenta los resultados tanto del estudio como los comentarios de los diferentes profesionales de la salud entrevistados, con esto, se procedió a el desarrollo de las diferentes aplicaciones destinadas a el apoyo y la simplificación del monitoreo de presión tanto para posibles usuarios pacientes como para los profesionales encargados, por esto, se hicieron 2 aplicaciones diferentes, una enfocada en el registro y almacenamiento automático de datos de presión de un paciente, y la segunda enfocada en simplificar el estudio y la visualización de estos datos de presión, con la opción de generar un informe de los datos en formato .PDF.

3.7.1 Aplicación de registro y almacenamiento automático de datos mediante OCR

La primera aplicación fue hecha en base al lenguaje de programación JavaScript, mediante la plataforma de Google “Google Appscript”, con ello, se logró trabajar directamente con herramientas de Google tales como “Google Sheets”, “Google Forms” y “Google Docs”, el objetivo de esta aplicación es, mediante el análisis de una foto del monitor de un tensiómetro digital que podrá ser subida mediante una encuesta de Google, analizar y extraer los registros de presión mediante el uso

de tecnología de OCR o “Optical Character Recognition”, y finalmente almacenar estos registros de presión dentro de una hoja de Google sheets la cual puede ser descargada posteriormente.

A continuación se desglosarán las diferentes funciones del código, que se encuentra en su totalidad en el Anexo C.

- a) Configuración inicial e integración de hojas de cálculo:** Se crea la función llamada “*myFunction2()*”, que permite acceder a las hojas de calculo mediante su id y nombre utilizando “*SpreadsheetApp.openById()*” y “*getSheetByName()*” respectivamente, luego, se procede a configurar y activar la función de OCR mediante la función “*options*”, lo que permitirá habilitar las funciones de detección y extracción del OCR.
- b) Procesamiento de las imágenes:** El código procede a iterar las filas de la hoja de cálculo y, al momento de llegar a la casilla que contiene el url de la foto del monitor digital de presión, este toma el id del archivo y descarga la imagen mediante “*DriveApp.getFileById(a).getBlob()*”, luego la imagen es enviada al OCR mediante “*Drive.Files.insert()*” en donde se procede a extraer el texto resultante con “*DocumentApp.openById(fiken.id).getBody().getText()*”, una vez con el texto, se procede a procesar cada línea en busca de los valores numéricos encontrados, en donde los 3 últimos rescatados corresponderán a los valores de presión sistólica, diastólica y pulso respectivamente.
- c) Extracción de los valores de presión:** Se recorre cada línea del texto resultante y se almacena cada valor numérico de 3 o menos dígitos dentro de un array “*numer*”, de allí, a los tres últimos valores almacenados se les asignan las variables “*sis*”, “*dia*” y “*pul*” respectivamente, luego, estos valores se ingresan en la hoja de cálculo en las columnas correspondientes a los valores de presión sistólica, diastólica y pulso utilizando “*check.getRange().setValue()*”. Finalmente los archivos temporales creados por el OCR son eliminados con “*Drive.Files.remove(fiken.id)*”.
- d) Creación de documento con registros:** Ya con todas las mediciones registradas y almacenadas, se crea una copia de un documento en blanco de Google “*avr7*” mediante “*app.makeCopy("avr7")*”, en este se insertan los registros de presión para cada fila analizada de la hoja de cálculo, detallando la fecha y hora del registro, el método de entrada de datos y los valores de presión obtenidos, esto mediante la función “*bod.appendParagraph()*”.

Un diagrama de flujo de el funcionamiento de la aplicación se puede apreciar en la figura 3.11.

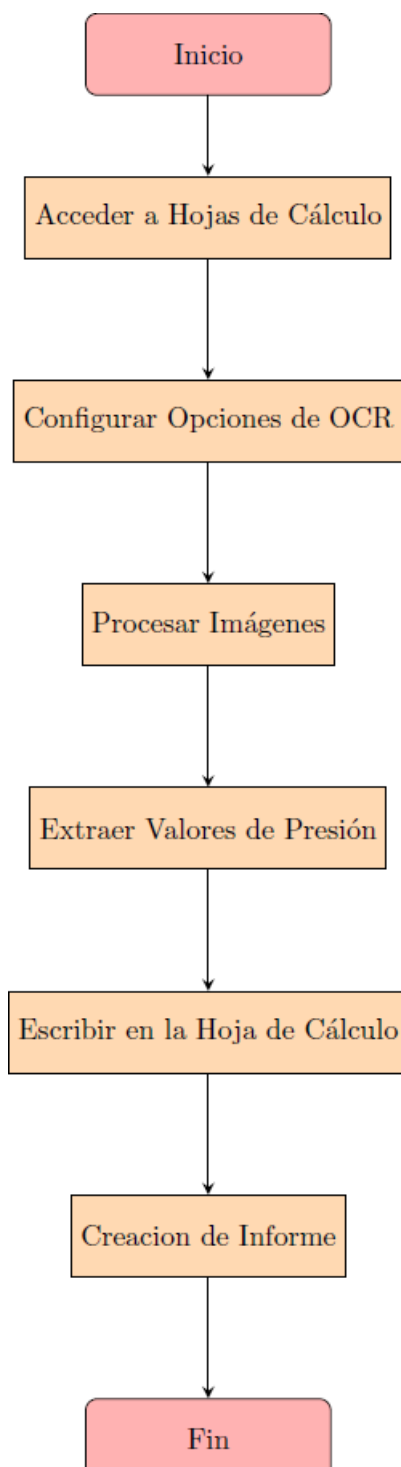


Figura 3.11. Diagrama de flujo de App de registro automático de datos de presión.

3.7.2 Aplicación de visualización de datos de presión de pacientes y conversión de archivos .csv a .txt

La siguiente aplicación fue hecha en base al lenguaje de programación Python, y busca, mediante el uso de los archivos .txt con una estructura específica, simplificar la tarea de visualización y monitoreo de los registros de presión de los pacientes, mostrando de forma ordenada todas las mediciones presentes en el archivo, destacando las mediciones que presenten tendencia a la hipertensión, permitir buscar y acceder a mediciones específicas, mostrar un gráfico de presión arterial/tiempo para monitorear el historial completo de mediciones, calcular datos estadísticos como la media, mediana, máxima y mínima de las presiones y generar un informe .PDF de todo lo anteriormente mencionado, además, la aplicación permite convertir los archivos .csv de la aplicación desarrollada anteriormente, además de las aplicaciones evaluadas en el estudio práctico, siendo estas la aplicación Omron Connect y la aplicación SmartBp, a archivos .txt con la estructura necesaria para poder ser visualizados por esta aplicación.

Se utilizó el paquete “os” para trabajar con diferentes archivos del computador, “pandas”[49] para analizar y manipular archivos de formato .csv, “matplotlib.pyplot”[50] para la generación de gráficos, “tkinter”[51] para la interfaz general de la aplicación, “datetime” para trabajar con la fecha y hora en la App, “numpy”[52] para la realización de cálculos y “fpdf”[53] para la generación de archivos en formato pdf.

A continuación se desglosarán las diferentes funciones del código, que se encuentra en su totalidad en el Anexo D.

- a) **Creación de la aplicación e interfaz:** Se inicializa la aplicación utilizando la función `__init__()`, la cual representa la instancia de la aplicación y genera la ventana principal denominada “master”, luego utilizando “self” es posible configurar los colores de la interfaz, los botones que esta tendrá, que fuente tendrá y el tamaño de cada componente, después, se crea el marco principal de la aplicación utilizando “frame” que contendrá toda la aplicación, una vez hecho esto se procedieron a crear las diferentes etiquetas y botones con las diferentes funciones pedidas, incluyendo un área que permite ingresar diferentes números de mediciones para su fácil acceso, luego se crea el área en donde se muestran las diferentes mediciones de presión,

añadiendo un “*scrollbar*” para navegar entre estos, finalmente, se crea una etiqueta que alerte en cuando se encuentren mediciones con potencial de ser hipertensivas.

- b) Conversión de archivos .csv a .txt:** Con las funciones “*convert_omron_csv_to_txt()*”, “*convert_smartbp_csv_to_txt()*” y “*convert_forms_csv_to_txt()*” se convertir archivos de formato .csv de las aplicaciones Omron connect, SmartBp y de la aplicación anteriormente mostrada a archivos de formato .txt utilizando la función “*convert_csv_to_txt()*”, el cual lee y extrae los datos de las columnas de importancia para cada tipo de archivo .csv, cambia el formato de fecha y hora al admitido por la aplicación de visualización y se genera el archivo de texto con los valores indicados, finalmente se le pide al usuario un nombre para guardar el archivo, el cual queda almacenado en la misma dirección que el archivo .csv original.
- c) Carga y Visualización de archivo:** Se parte con la función *abrir_archivo()*, la cual está encargada de permitir al usuario abrir un archivo .txt desde su computador, además, se encarga de verificar si el archivo es válido, después, utilizando la función *extract_patient_name_from_filename()*, se extrae el nombre del paciente del nombre del archivo, omitiendo “_resultados” de este, finalmente, utilizando *seleccionar_nuevo_archivo()* se puede seleccionar un nuevo archivo si es que es necesario.
- d) Procesamiento y visualización de registros:** Con *display_file_content()* se analiza el contenido del archivo .txt, dividiendo cada línea y detectando de cada medición la fecha y hora de esta, la presión sistólica, diastólica y pulso, además, resalta cualquier medición que tenga una presión sistólica mayor o igual a 140mmHg y una presión diastólica mayor o igual a 80mmHg, también extrae los valores y fecha de cada medición para su uso en gráficos si es necesario, la función *display_reading_block(reading_block, highlight)* resalta las mediciones con posible presencia de hipertensión con un bloque rojo transparente para su fácil detección, finalmente la función *insert_separator_line()* añade una línea de separación entre cada medición.

- e) **Navegación:** La función *navigate_to_next_reading()* permite la navegación entre cada medición, además, añade la función de resaltar la medición seleccionada con un brillo amarillo temporal, luego la función *go_to_specific_readings()* permite la navegación por diferentes mediciones al ingresar su número a la casilla, se puede ingresar más de un número al ser separados por una coma.
- f) **Gráficos de los registros:** Gracias a la función *abrir_ventana_grafico()*, se genera una nueva ventana la cual contiene las opciones para crear el gráfico, estas siendo la elección de intervalo de tiempo en semanas, meses o años, luego, la función *mostrar_grafico(interval, graph_window)* se encarga de generar el gráfico según el intervalo de tiempo seleccionado, esto mediante un gráfico de líneas que muestra la presión sistólica y diastólica del paciente, y además muestra un umbral el cual corresponde al valor en donde comienza a ser considerado hipertensión para ambos valores. Gracias a la función *“add_zoom_controls()”* y a la función *“add_navigation_controls()”* se permite una mejor navegación y manejo del gráfico generado.
- g) **Cálculo de estadísticas y generación de informe:** Con la función *“calculate_statistics()”*, se pueden calcular diferentes datos estadísticos importantes para el estudio de los datos, los cuales son la media, mediana, mínima, máxima y la desviación estándar de tanto la presión sistólica como diastólica con las mediciones presentes en los registros, además del porcentaje de mediciones de presión sistólica y diastólica que están sobre el umbral de presión normal. También se permite la generación de un informe con toda la información dada por la aplicación, incluyendo todas las mediciones de presión separadas por mes, las estadísticas y el gráfico seleccionado, esto mediante la función *“generar_informe_pdf()”*, en donde tanto el nombre del archivo generado como la ubicación en donde será guardado puede ser escogido por el usuario.
- h) **Cierre de aplicación:** Finalmente, la función *“cerrar_app()”* se encarga de cerrar la aplicación una vez terminado el trabajo, mediante el botón de cierre.

Este código fue convertido en una aplicación ejecutable para el computador mediante el package *auto-py-to-exe* para Python, el cual es una simplificación del package *Pyinstaller*, añadiendo una interfaz clara al uso de esta, con ello, se dejó la aplicación independiente y por lo tanto, no es necesario volver a correr el código para utilizar estas herramientas, esto se puede ver en el Anexo E. Además, un diagrama de flujo del funcionamiento del código se puede ver en la figura 3.12.

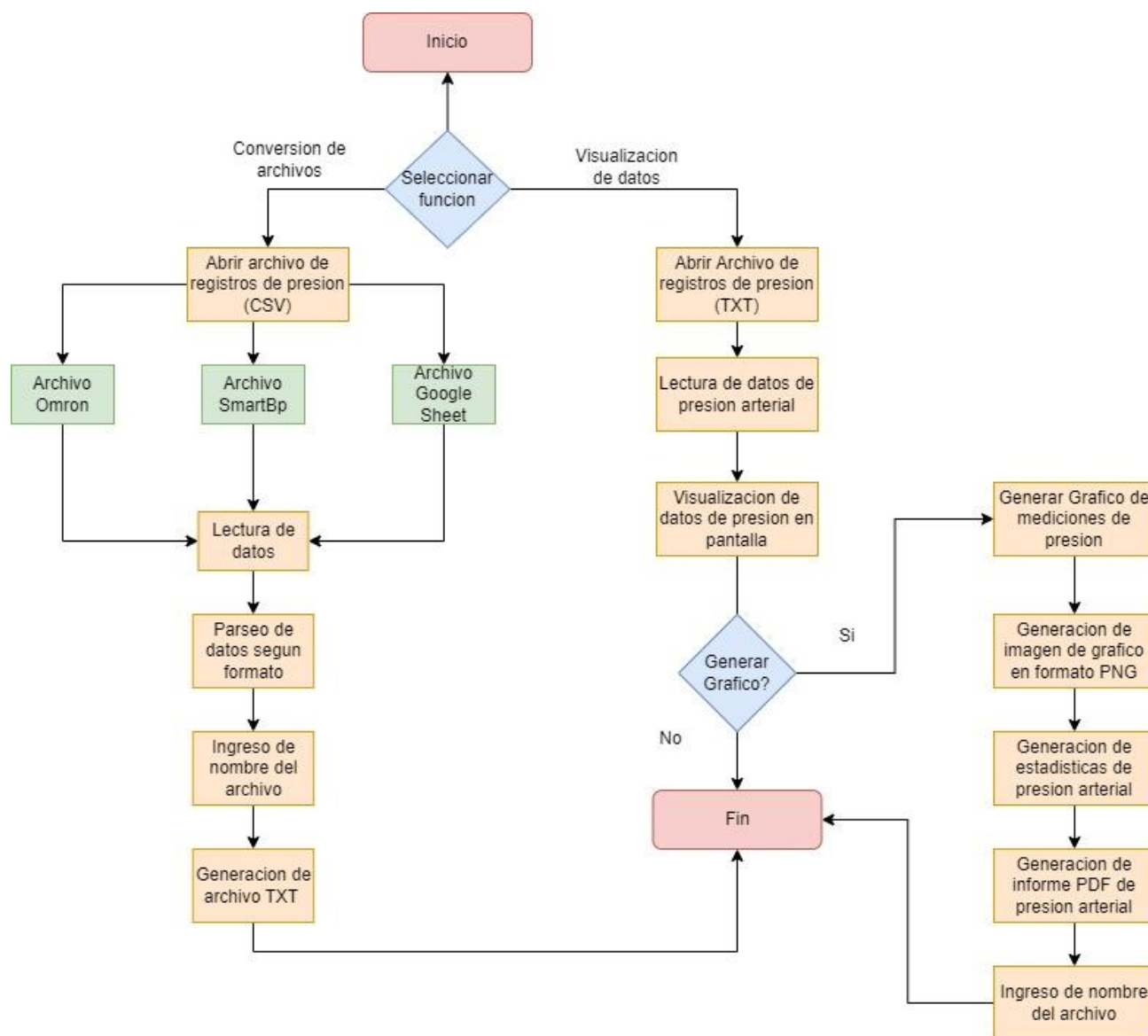


Figura 3.12. Diagrama de flujo de aplicación de visualización de registros y conversión de archivos.

3.8. Discusión

Con todo el desarrollo previo a la implementación del estudio práctico, y gracias a toda la información analizada hasta el momento, se pone en marcha la prueba con voluntarios, siguiendo los pasos y observaciones descritas anteriormente, con el fin de obtener resultados que serán estudiados en conjunto con un grupo de doctores, cuyo análisis también será mostrado en la sección de resultados. La información y formulación de todas las herramientas mostradas y desarrolladas, en la sección anterior fueron hechas de forma meticulosa y con el cuidado necesario para así poder obtener resultados correctos y de forma eficiente, logrando así el desarrollo de herramientas que podrían ser un gran apoyo tanto para pacientes como profesionales en el área del telemonitoreo de la presión sanguínea.

Capítulo 4. Resultados

4.1. Introducción

En esta sección se muestran, analizan y explican los resultados obtenidos en el periodo de las pruebas prácticas del trabajo. Cabe mencionar que, para mantener la anonimidad de los participantes de ser necesario se les llamará sujeto n, siendo n un numero correspondiente a su número de participación.

Se estudiarán valores importantes para esta memoria, como la constancia y adherencia al plan SMBP por parte de los voluntarios, cómo evaluaron los diferentes equipos y aplicaciones, y posibles recomendaciones que podrían tener para su uso práctico en planes médicos.

Además, se nombran indicaciones y comentarios dados por profesionales de la salud, entregando *feedback* sobre el estudio y llegando así a una evaluación de las herramientas empleadas y estudiadas desde la vista práctica de un profesional.

Finalmente, se muestra la funcionalidad de las aplicaciones desarrolladas, estudiando su interfaz, funciones y características.

4.2. Resultados

4.2.1 Evaluación de los Equipos y las Aplicaciones

A continuación, se analizarán los resultados del estudio práctico con 14 voluntarios, 7 de ellos utilizando el equipo Omron HEM-7122 y la aplicación OMRON connect, y los 7 restantes utilizando el equipo Braun Exactfit 1 y la aplicación SmartBP. De los participantes, un 57.1% pudo completar de forma completa todas las mediciones de presión pedidas durante el periodo de pruebas y el porcentaje restante pudo lograr las mediciones de forma parcial, lo que se ve reflejado en la figura 4.1.

En el estudio participaron 6 hombres y 8 mujeres, todos entre la edad de 20 a 25 años, estudiantes de la carrera Ingeniería Civil Biomédica de la Universidad de Concepción y todos durante un periodo de clases y/o investigaciones o trabajos. Este dato es importante de recalcar debido a que es un grupo de muestreo muy homogéneo, con conocimientos previos sobre no solamente el funcionamiento y uso de los diferentes equipos, sino también muy conectados con la tecnología y se deben tener en cuenta estas características al momento de analizar los resultados.

¿Pudo completar todas las mediciones solicitadas?

14 respuestas

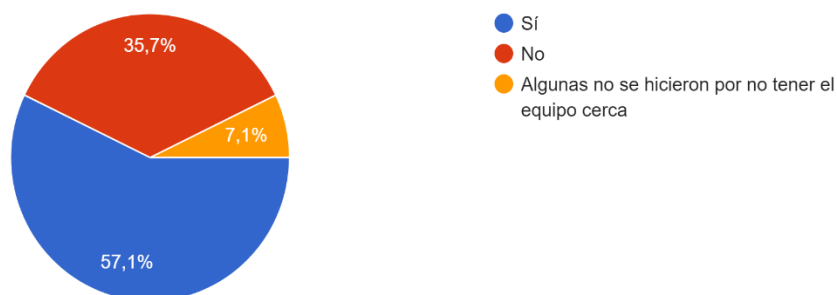


Figura 4.1. Gráfico de constancia de medición de los voluntarios.

Los voluntarios de forma uniforme pudieron concordar que los equipos digitales de medición de presión escogidos cumplen su objetivo de forma precisa y clara, logrando mediciones de presión coherentes y precisas de manera fácil, destacando lo simples que son al momento de ser utilizados mediante tan solo 1 o 2 botones. Esto se ve reflejado en la figura 4.2. y 4.3 para el equipo Omron y 4.4. y 4.5. para el equipo Braun, en los cuales los voluntarios destacan las características de facilidad de uso, claridad de valores en la pantalla, tamaño de la pantalla y calidad del equipo, mientras que para ambos equipos de la misma manera se puede ver que el tamaño y la portabilidad es la característica peor evaluada. Además, un ámbito en el que ambos equipos podrían mejorar sería la velocidad de las mediciones de presión.

Califique con nota de 1 a 7 las siguientes características del equipo que utilizó.

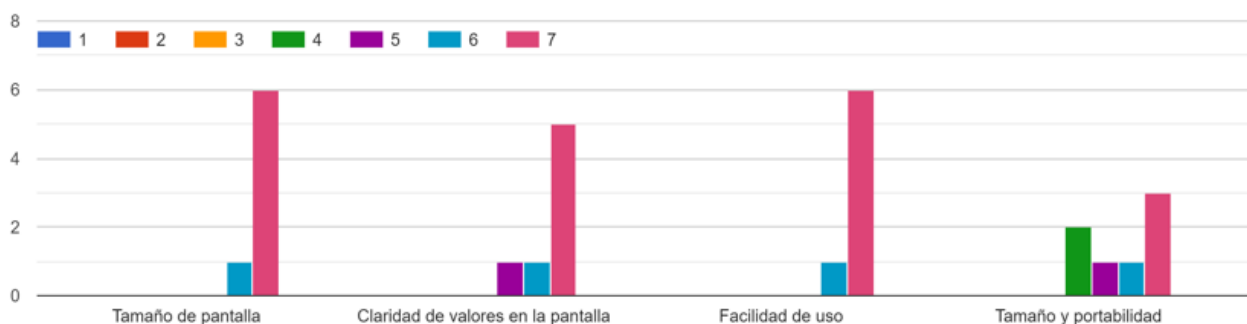


Figura 4.2. Evaluación de características de equipo Omron HEM-7122.

Califique con nota de 1 a 7 las siguientes características del equipo que utilizó.

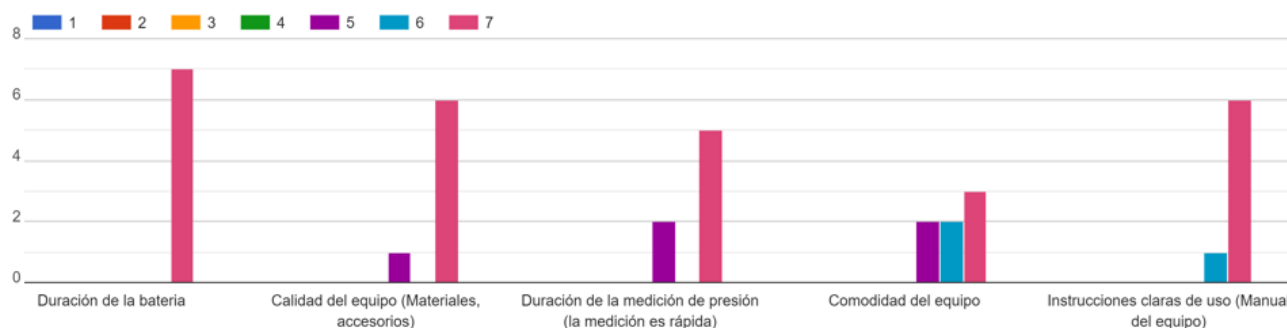


Figura 4.3. Continuación de Evaluación de características de equipo Omron HEM-7122.

Para el equipo Omron HEM-7122, la totalidad de los voluntarios que lo utilizaron coincidieron que tanto ellos como cualquier persona podría utilizar estos equipos si se les provee las instrucciones adecuadas, tanto en situaciones cotidianas como dentro de algún plan médico en donde sea necesario utilizarlas; se lo compara al 85.7% votado en el equipo Braun Exactfit 1, aunque se explica que el porcentaje restante corresponde a un problema con el brazalete, en donde un adulto mayor puede que no posea la fuerza o coordinación suficiente como para colocarse el brazalete por sí mismo.

En cuanto a los aspectos en que los equipos podrían mejorar, el principal defecto que se logra encontrar en ambos es la sensibilidad del botón de encendido, ya que es muy alta y con pequeños roces se tienden a encender, lo que podría afectar tanto la duración de la batería del equipo como la duración de su vida útil. Otro comentario que fue repetido por los voluntarios fue la posible inclusión o uso de una pantalla retroiluminada, la cual permitiría una lectura más clara de los valores. Por último, se apunta al tamaño de los equipos que, aunque tienden a ser pequeños, son poco transportables en bolsos, mochilas o carteras.

Califique con nota de 1 a 7 las siguientes características del equipo que utilizó.

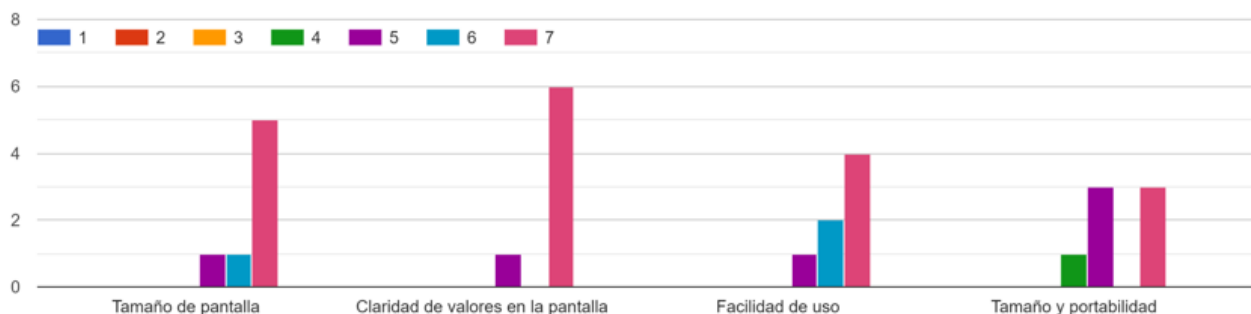


Figura 4.4. Evaluación de características de equipo Braun Exactfit 1.

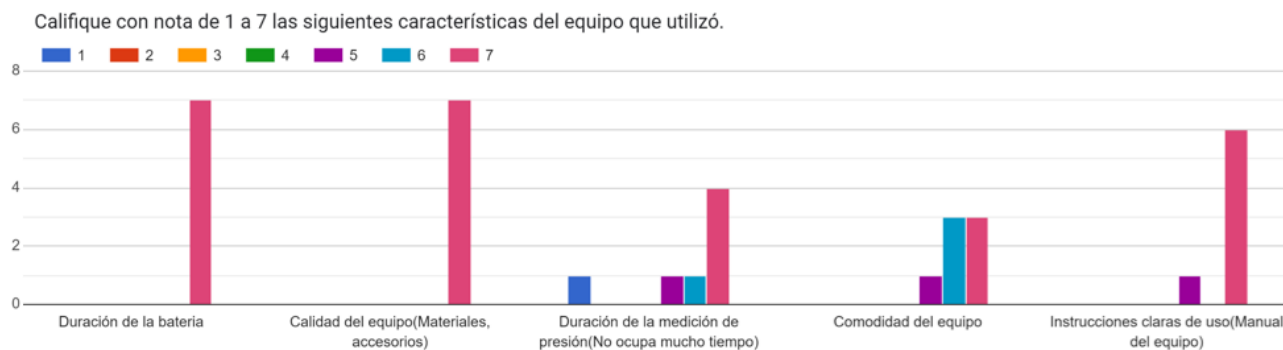


Figura 4.5. Continuación de evaluación de características de equipo Braun Exactfit 1.

Pasando a la evaluación de las aplicaciones, la aplicación OMRON connect destaca en su facilidad de envío de datos y en la presencia de instrucciones de uso claras en la aplicación, además de que su capacidad para registrar los datos mediante la cámara del dispositivo móvil es un gran aspecto positivo que diferencia a esta aplicación de otras. Aun con la limitación de que solo funcione con equipos de marca Omron, para los voluntarios esto hace que su uso sea más amigable y directo, es simple y enfocada, pero tiene defectos claros: la interfaz de usuario de la aplicación, el acceso y la visualización de los registros, los cuales fueron las características peor evaluadas de esta aplicación, como se puede ver en las figuras 4.6. y 4.7.

Los voluntarios comentan que la función de la cámara tiende a fallar en algunos casos, por ejemplo, si la cámara se encuentra obstruida al momento de seleccionar la opción, lo que hace que la cámara se quede estática e inutilizada. También se comenta que el proceso de envío de datos podría ser más directo, eliminando la cantidad de pasos necesarios para llegar a la opción de envío, simplificando el proceso para personas que no estén lo suficientemente relacionadas con este tipo de aplicaciones o con la tecnología en general.

Califique con nota de 1 a 7 las siguientes características de la aplicación que utilizó.

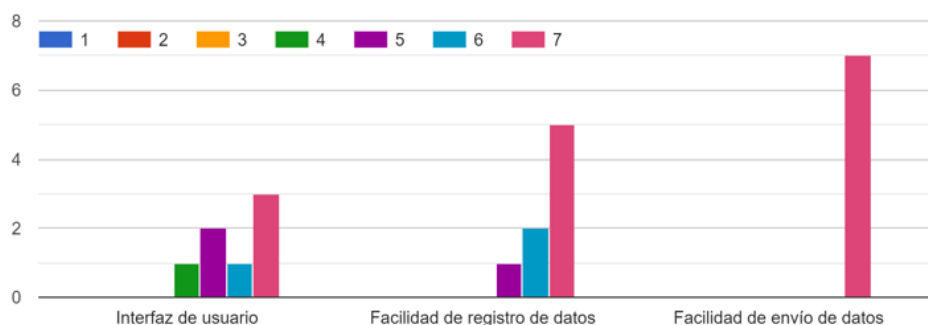


Figura 4.6. Evaluación de características de aplicación OMRON connect.

Califique con nota de 1 a 7 las siguientes características de la aplicación que utilizó.

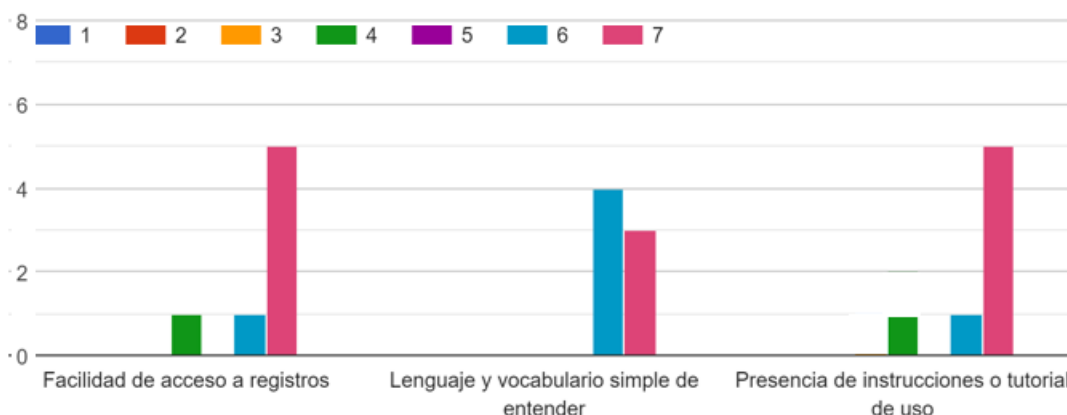


Figura 4.7. Continuación de evaluación de características de aplicación OMRON connect.

Para la aplicación SmartBP, sobresale en los aspectos de facilidad de uso e interfaz de usuario. Para los voluntarios fue fácil acceder y visualizar los datos, todo esto sin la capacidad de escaneo de pantalla que tenía la aplicación anterior. En cuanto a sus áreas más débiles, se considera que la facilidad y envío de datos, en conjunto con la presencia de instrucciones o tutoriales, son las características peor evaluadas. Además, se informa mediante el formulario de evaluación que la aplicación posee anuncios en una cantidad muy alta y molesta para el usuario, lo cual puede entorpecer y ralentizar significativamente el proceso de exportación de datos. La evaluación por parte de los voluntarios se puede ver en las figuras 4.8. y 4.9.

Califique con nota de 1 a 7 las siguientes características de la aplicación que utilizó.

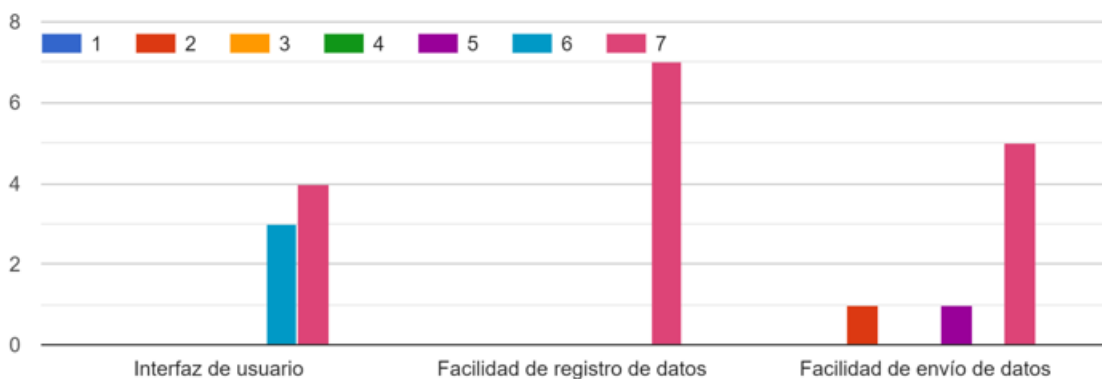


Figura 4.8. Evaluación de características de aplicación SmartBP.

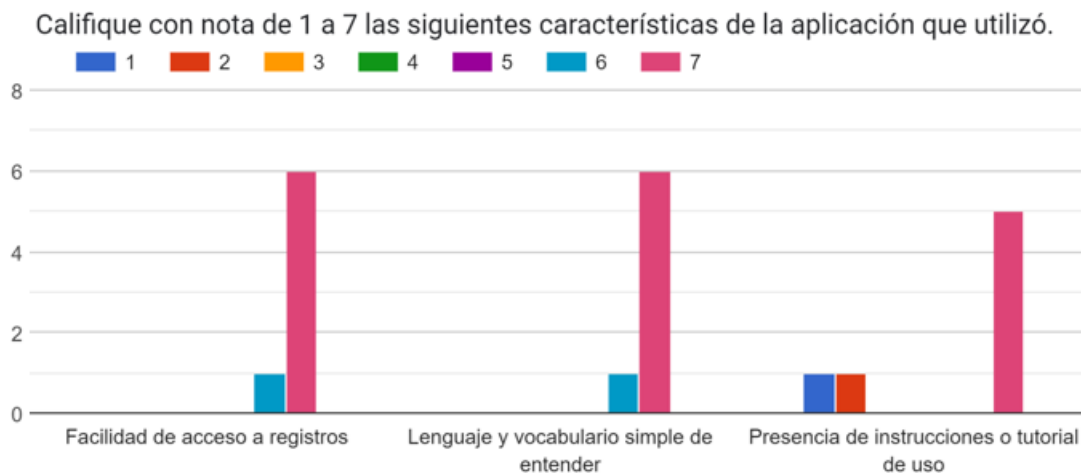


Figura 4.9. Continuación de evaluación de características de aplicación SmartBP.

Para ambas aplicaciones, el 100% de los voluntarios respondió que podrían utilizarlas si lo necesitaran mediante un programa médico, pero en el caso de la aplicación OMRON connect, un 14.3% de los voluntarios que trabajaron con esta aplicación piensa que no cualquier persona podría utilizar esta aplicación, debido a la necesidad de operar la cámara del dispositivo móvil. En el caso de la aplicación SmartBP, el 42.9% de los voluntarios que trabajó con esta aplicación coincide con la aseveración anterior, remarcando que la presencia de anuncios en la aplicación puede entorpecer el envío de datos e intimidar a posibles usuarios no familiarizados con aplicaciones de este tipo, formando la necesidad de explicarle al usuario cómo navegar a través de los anuncios para utilizar la aplicación de manera efectiva.

Como comentario final, los voluntarios concuerdan que, si se dan las instrucciones y observaciones necesarias, estas herramientas podrían ser utilizadas en el país para el telemonitoreo de la presión arterial, remarcando el grado de simplificación en el proceso del tratamiento de pacientes hipertensos, la mejoría en cuanto a tiempos de espera y la capacidad y sentimiento de autonomía que tendrían los pacientes al seguir un plan de este tipo.

Teniendo los resultados anteriores, se pasa a evaluar los equipos y las aplicaciones con sus características, utilizando una escala del 1 al 7, formando un promedio simple para entregar una nota final a cada herramienta. Este promedio tomará todos los valores que fueron entregados por los voluntarios en el formulario de evaluación final, cuyos valores y su cantidad pueden ser vistas en las figuras anteriores, los resultados se pueden ver en la tabla 4-1 en el caso de los equipos y en la tabla 4-2 en el caso de las aplicaciones.

Tabla 4-1 Evaluación de equipos mediante promedio simple.

Características	Equipos	
	Omron HEM-7122	Braun Exactfit 1
Tamaño de pantalla	6.85	6.57
Claridad de valores en la pantalla	6.57	6.85
Facilidad de uso	6.85	6.42
Tamaño y portabilidad	5.71	5.71
Duración de la batería	7.0	7.0
Calidad del equipo	6.71	7.0
Duración de la medición	6.42	5.71
Comodidad del equipo	6.14	6.28
Instrucciones claras de uso	6.85	6.71
Promedio	6.56	6.47

Tabla 4-2 Evaluación de aplicaciones mediante promedio simple.

Características	Aplicaciones	
	Omron Connect	SmartBP
Interfaz de usuario	5.85	6.57
Facilidad registro de datos	6.57	7.0
Facilidad de envío de datos	7.0	6.0
Facilidad de acceso a registros	6.42	6.85
Lenguaje simple y claro	6.42	6.85
Presencia de instrucciones	6.42	5.42
Promedio	6.45	6.45

Esta evaluación preliminar toma todas las características presentes con el mismo valor de importancia, es decir, con un mismo valor de ponderación, lo cual no es necesariamente la opinión de los profesionales que trabajarían con estas herramientas. Por lo tanto, en la reunión con diferentes profesionales de la salud, se buscará asignarle ponderaciones a cada característica tanto de los equipos como de las aplicaciones para poder asignar una nota con más peso y objetividad, basada en recomendaciones y observaciones de médicos que utilizan estas herramientas día tras día.

4.2.2 Comentarios y Validación de los Profesionales de la Salud

Con tal de respaldar el estudio práctico, validar la implementación y la utilización de las herramientas, es importante conocer el punto de vista de los profesionales que trabajarían con ellas.

Se agendaron reuniones con 3 médicos que trabajan en el sector público del país y que poseen experiencia directa con la telemedicina: la doctora Camila Collao, médico general del hospital de San Marcos; la doctora Viviana Chávez, servicio de medicina interna del hospital Higuera, con 17 años de trabajo en el recinto; y la doctora Lubachka Roman, médico cirujano, medicina interna y docente de la carrera de medicina en la Universidad San Sebastián sede Concepción.

Las reuniones consistieron en una explicación resumida y clara sobre el trabajo hecho y mostrado a lo largo de este informe, intercalando cada sección por una serie de preguntas las cuales están destinadas a añadir contexto al estudio, comentar acerca del trabajo realizado y aportar cualquier mejoría que podría añadirse a este. De las reuniones se pudo recolectar la siguiente información, la cual está separada en dos partes:

1) Observaciones y Comentarios Positivos

- a) Correcta elección de características a evaluar: Los médicos concordaron que las características evaluadas fueron correctas, representativas a lo que se buscaría para la compra de alguno de estos equipos para su uso en algún recinto hospitalario. En cuanto a las aplicaciones, se valoró que se tuviera en cuenta tanto el uso del paciente como el recibimiento de información por parte del profesional, por lo tanto, el estudio de los equipos es el correcto según el punto de vista de las entrevistadas.
- b) Formato de evaluación de los equipos: Se acordó que las pruebas prácticas realizadas son empleadas de forma correcta, teniendo las características necesarias como para reflejar, aunque de forma muy sesgada, una posible implementación de programas SMBP en un recinto hospitalario. Por lo tanto, el empleo del programa SMBP, que fue un tema novedoso para las médicas, el seguimiento de las mediciones y las condiciones que se dieron para que los voluntarios participaran en el estudio práctico, fueron correctos y realizadas de buena forma.
- c) Estudio macro y Objetivos del Estudio: Al final de la presentación, las médicas concordaron de que esta memoria de título sirve como una base sólida para la implementación de estas herramientas para su uso en la telemedicina en el país y para consolidar próximos trabajos. De esta forma, podría lograrse que los programas SMBP, como el telemonitoreo de la presión sanguínea de forma autónoma, puedan ser implementados en el país en un futuro cercano, añadiendo también que la telemedicina puede ser un apoyo gigantesco en esta área de la salud, tanto para pacientes como para los profesionales.

2) Aspectos y Comentarios Negativos

- a) Población de muestreo muy homogénea: El aspecto más criticado sobre las pruebas prácticas fue el de las características de los voluntarios, porque en su totalidad corresponden a jóvenes por debajo de los 25 años, con conocimientos previos tanto de estos equipos como del uso de aplicaciones móviles al ser estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil Biomédica de la Universidad de Concepción. De esta forma, el estudio no representaría de buena manera a la población objetivo que utilizaría o se beneficiaría de estas herramientas, es decir, adultos mayores o habitantes de zonas más remotas del país.
- b) Simplificación de recibimiento de datos: La doctora Lubachka comentó que, de ser posible a futuro, le gustaría que existiera la posibilidad de agilizar y/o simplificar la llegada de datos desde el paciente hacia el profesional, ya sea utilizando una base de datos de acceso fácil mediante una aplicación especializada o mediante la agrupación de registros por paciente en secciones claras.

Además de los comentarios anteriormente dados, también apoyaron la idea de una continuación de este trabajo, proponiendo la búsqueda de una colaboración entre el memorista y un recinto médico para implementar este estudio con una población más representativa, pero al mismo tiempo seleccionada cuidadosamente para asegurar un trabajo continuo y correcto, así ayudando al memorista encargado de las pruebas, al recinto médico que complementará y ayudará al memorista y a los pacientes que serán parte de esta puesta en marcha. Finalmente, se le pidió a cada doctora que le asignaran un orden de importancia a las características estudiadas en los equipos y las aplicaciones. Con las opiniones brindadas se pudo calcular un promedio ponderado desde el punto de vista objetivo de un profesional de la salud.

4.2.3 Evaluación Ponderada de Equipos y Aplicaciones Según la Importancia de sus Características.

Ya con el respaldo y los comentarios de los profesionales entrevistados, se pudo llegar a un consenso en cuanto al orden de importancia de las características evaluadas, tanto de los equipos como de las aplicaciones, consiguiendo una mirada más objetiva y práctica para evaluar cada herramienta.

Para la evaluación de los equipos, al ser nueve características, se utilizarán los siguientes porcentajes de ponderación para cada una, según el orden de importancia indicado por las diferentes doctoras:

1. Claridad de valores en la pantalla (15%)
2. Tamaño de la pantalla (13%)

3. Tamaño y portabilidad (13%)
4. Calidad del equipo (12%)
5. Instrucciones claras de uso (12%)
6. Facilidad de uso (11%)
7. Comodidad del equipo (10%)
8. Duración de la medición (8%)
9. Duración de la batería (6%)

Con estos datos podemos sacar una nueva tabla de evaluación, siendo esta la tabla 4-3, donde se reflejan cambios muy pequeños, debido a la gran cantidad de elementos con los que se está trabajando y aun así, se puede notar con mejor claridad la importancia de cada característica según el peso que le dieron los profesionales.

Tabla 4-3 Evaluación de equipos mediante promedio ponderado.

Características	Equipos	
	Omron HEM-7122	Braun Exactfit 1
Tamaño de pantalla(13%)	0.89	0.85
Claridad de valores en la pantalla (15%)	0.99	1.02
Facilidad de uso(11%)	0.75	0.7
Tamaño y portabilidad(13%)	0.74	0.74
Duracion de la bateria(8%)	0.56	0.56
Calidad del equipo(12%)	0.80	0.84
Duracion de la medicion(6%)	0.38	0.34
Comodidad del equipo(10%)	0.61	0.62
Instrucciones claras de uso(12%)	0.82	0.8
Promedio ponderado	6.54	6.47

Para el caso de las aplicaciones, al ser seis características, se utilizarán los siguientes porcentajes siguiendo el mismo método utilizado anteriormente:

1. Interfaz de usuario (25%)
2. Facilidad de envío de datos (20%)
3. Lenguaje simple y claro (20%)
4. Presencia de instrucciones (15%)
5. Facilidad de registro de datos (13%)
6. Facilidad de acceso a registros (7%)

Con estas ponderaciones, podemos calcular una nueva tabla de calificaciones más acercada a la mirada de un profesional de la salud, siendo esta la tabla 4-4. A diferencia de la tabla de los equipos,

existe una diferencia más notoria para la calificación de las aplicaciones, logrando que, aunque sea por muy poco, la aplicación SmartBP tenga una calificación mayor a la aplicación OMRON connect, lo que quiere decir que la aplicación SmartBP sobresale, aunque sea de forma menor, en las características más importantes por sobre la aplicación de Omron connect.

Con todo lo analizado, se puede ver que no existe una diferencia extremadamente significativa entre la calificación simple y ponderada tanto de los equipos como de las aplicaciones, pero era necesario hacer ambas evaluaciones, ya que cada una simboliza un diferente punto de vista por sobre estas herramientas. La evaluación simple corresponde a la mirada de un usuario de estas herramientas según cómo se desempeñan en su uso diario, mientras que la evaluación ponderada corresponde a la mirada del profesional que señalaría el uso de estas, por lo tanto es importante saber que tanto los equipos seleccionados como las aplicaciones a utilizar son confiables como para que un médico pueda recomendarlas, y lo suficientemente amigables y óptimas para que el paciente y/o usuario pueda ocuparlas sin mayor problema.

Tabla 4-4 Evaluación de aplicaciones mediante promedio ponderado.

Características	Aplicaciones	
	Omron Connect	SmartBP
Interfaz de usuario(25%)	1.46	1.64
Facilidad registro de datos(13%)	0.85	0.91
Facilidad de envío de datos(20%)	1.4	1.2
Facilidad de acceso a registros(7%)	0.44	0.47
Lenguaje simple y claro(20%)	1.28	1.37
Presencia de instrucciones(15%)	0.96	0.81
Promedio	6.39	6.40

4.2.4 Desarrollo de aplicaciones de apoyo para programas SMBP

A continuación se mostrará el output de cada código de las aplicaciones creadas siguiendo los comentarios de los diferentes profesionales consultados, mostrando sus características y procesos necesarios para utilizarles.

Primero se tiene la herramienta de registro y almacenamiento de datos de presión, para lo cual se parte con el envío del enlace del formulario de Google en el cual el usuario o paciente deberá ingresar su nombre y la foto del monitor del tensiómetro digital con el registro de presión, este paso se puede ver en la figura 4.10, cabe destacar que este paso también se puede realizar desde el dispositivo móvil del usuario, una vez enviadas las respuestas, estas son registradas automáticamente en la hoja de cálculo

asociada, en donde, mientras la tecnología OCR detecta los registros, se almacena la hora del registro, y el nombre ingresado en el formulario, una vez pasado unos momentos, los valores de presión extraídos de la imagen se registrarán automáticamente en la hoja de cálculo, completando así el registro, como se puede ver en la figura 4.11.

Ingreso de fotos de Tensiometro

Cambiar de cuenta Borrador guardado

El nombre, el correo y la foto asociados a tu cuenta de Google se registrarán cuando subas archivos y envíes este formulario

Ingrese su nombre

Demostracion informe

imagen

Sube 1 archivo compatible: image. Tamaño máximo: 10 MB.

WhatsApp Image... X

Enviar Borrarr formulario

Figura 4.10. Formulario de aplicación de registro y almacenamiento.

	A	B	C	D	E	F
1	Fecha de Ingreso	Nombre del Paciente	Imagen Subida	Presion Sistolica	Presion Diastolica	Pulso
2	8/23/2024 16:35:27	Demostracion informe	https://drive.google.com/	120	80	70
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

Figura 4.11. Hoja de cálculo con valores registrados.

Finalmente, se puede exportar la hoja de calculo con el formato “comma separated values (.csv)” presente en la misma hoja de calculo para poder trabajar con ella en la aplicación de visualización de datos.

Pasando ahora a la aplicación de visualización cuya interfaz se diseño para ser simple de navegar y clara, con cada función asignada a un botón de tamaño considerable y con un texto referente a la función dada. Como se dijo anteriormente, la aplicación contiene una función de conversión de archivos .csv a .txt para las aplicaciones anteriormente estudiadas y mostradas, un ejemplo de este proceso de conversión, específicamente para un archivo de la aplicación “Omron Connect”, se encuentra en el Anexo G, por lo tanto se procederá a mostrar las características de visualización de datos.

Primero se debe seleccionar el botón de *abrir archivo*, el cual abrirá una ventana para la selección de un archivo .txt, una vez elegido, la aplicación mostrara todas las mediciones presentes en el archivo, enumerándolas por orden de registro, los valores mostrados en la sección de “display” son la fecha y hora de la medición, los valores de presión sistólica, diastólica y pulso, y, de ser el caso, un mensaje de posible presencia de hipertensión si la PAS supera los 140mmHg o la PAD supera los 80mmHg, además de esto, las mediciones con presencia de hipertensión quedaran destacadas con un cuadro rojo, y un mensaje de advertencia mostrara todas estas mediciones con su número, todo esto se puede ver en la figura 4.12. Sumando a esto, es posible navegar a un numero de mediciones específicas, en el cuadro de lectura especifica, al ingresar los números de las mediciones que se quieran estudiar, separados por una coma, se podrá navegar a estas, utilizando los botones de *ir a lectura* para navegar a la primera de la lista, y *siguiente lectura* para avanzar por ella.

Apretando el botón de *ver gráfico*, se abre una nueva ventana dentro de la aplicación, desde la cual se permite el uso de nuevas funciones, siendo la principal la generación de un gráfico de Presión arterial vs Tiempo con la posibilidad de elegir intervalos de semanas, meses o años, una vez generado el grafico, es posible navegar a través de este mediante herramientas presentes en la sección inferior de este, tal como hacer un zoom en un área especifica, navegar a través del grafico o eliminar los cambios. En el grafico la presión sistólica esta representada por el color azul oscuro y la presión diastólica por el color rojo, además, se puede ver el umbral de hipertensión para ambos valores de presión con sus valores respectivos, estas funciones se pueden ver en la figura 4.13.



Figura 4.12. Interfaz y visualización de App de display de registros.

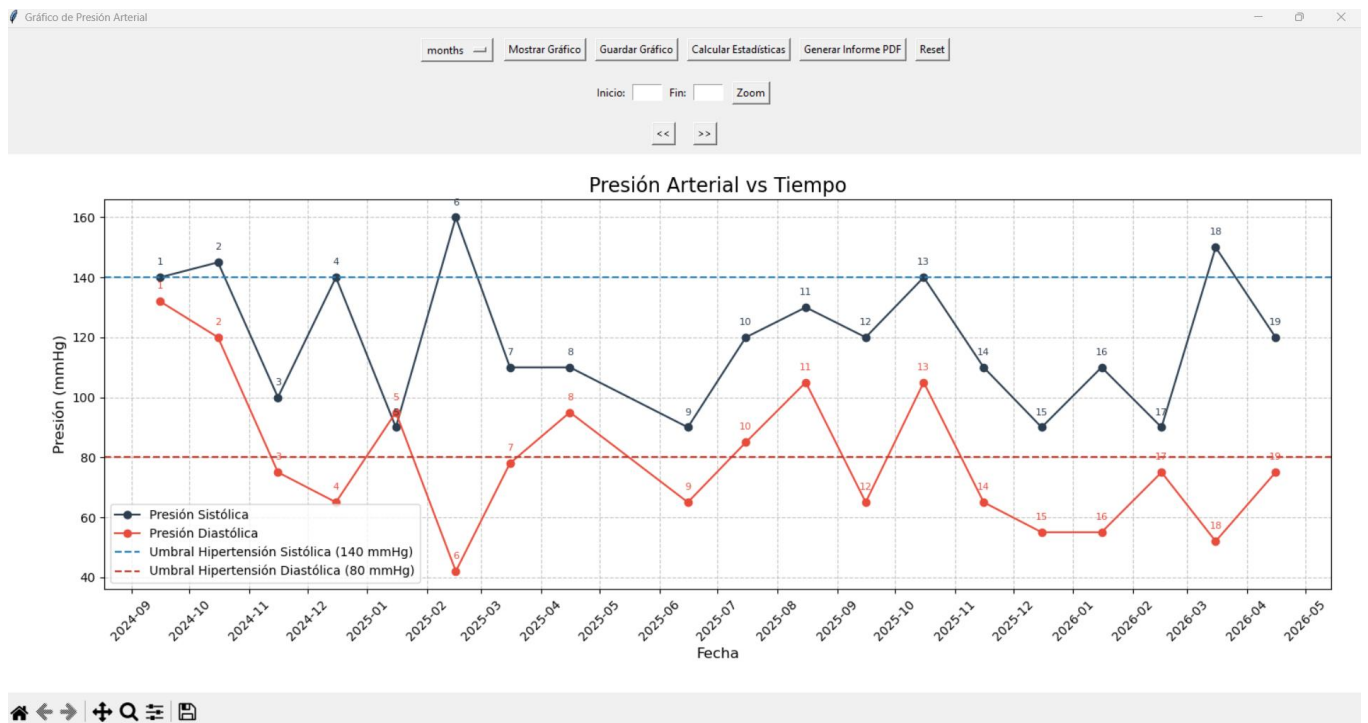


Figura 4.13. Función de gráfico de App de visualización.

Dentro de esta misma ventana se encuentran otras funciones, la primera de estas siendo la función de *guardar gráfico*, en donde el gráfico mostrado se guarda en el computador como una imagen en formato .Png, la siguiente herramienta corresponde al calculo de estadísticas, la cual muestra una

ventana nueva con diferentes valores estadísticos de importancia, siendo estos la media, mediana, máxima y mínima para la presión sistólica y diastólica, además del porcentaje de estas que presentan valores hipertensivos, como se puede ver en la figura 4.14. Finalmente tenemos la opción de *generar informe pdf*, la cual crea un archivo .pdf con toda la información desplegada en la aplicación, con un formato simple de leer y entender, en donde la primera pagina consta de todas las estadísticas calculadas, la segunda contiene el grafico mostrado, y desde la tercera en adelante contiene todas las mediciones del archivo .txt separadas por mes, parte del archivo .pdf generado para este caso de ejemplo se puede ver en el Anexo F.

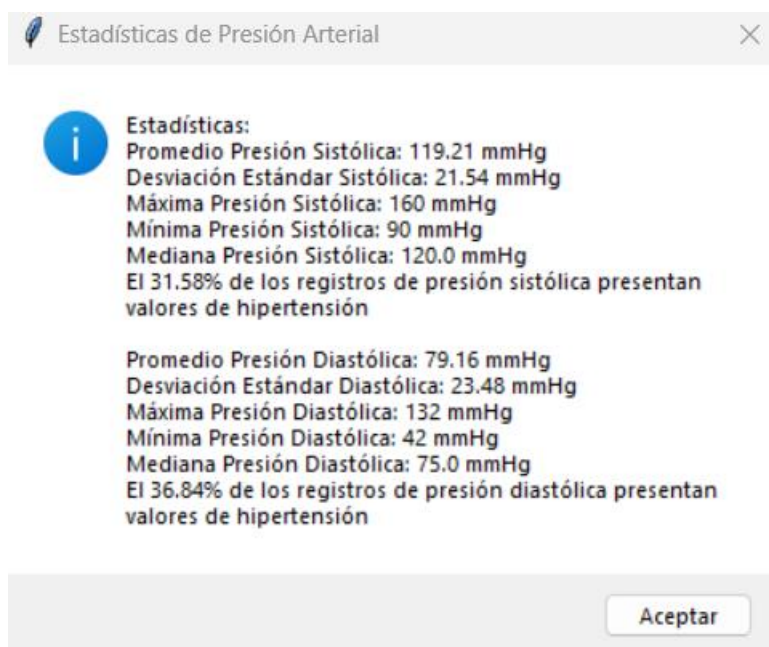


Figura 4.14. Estadísticas de presión arterial generadas.

4.3. Discusión

Ya con los resultados obtenidos se puede ver con mayor claridad qué factores son los más esenciales, según lo que el paciente y el profesional buscan en el momento de elegir un equipo y una aplicación para un programa como el descrito, en donde las características técnicas sobresalen por las demás. Fueron escogidas como más importantes las características informativas y las menos importantes las características de comodidad, priorizando el buen funcionamiento del equipo ante diversas cualidades, las que hacen que el seguimiento del programa sea más grato. Este análisis no es sorprendente, ya que en el ámbito de la medicina una gran cantidad de procesos y tratamientos tienden a seguir este orden de importancia, priorizando la eficacia y los resultados a la comodidad.

La adherencia y constancia de los participantes al programa refleja la información entregada anteriormente en los diferentes estudios, siendo esta el mayor factor que influye en el desempeño de los programas SMBP en situaciones prácticas. La constancia puede ser influenciada por una gran cantidad de variables, siendo la más importante la falta de tiempo, la dificultad debido al trabajo o al estudio, o no contar con el dispositivo durante el día.

Además, se pudo desarrollar correctamente diferentes herramientas y/o aplicaciones que tomaron en cuenta no solamente los comentarios de los voluntarios, sino también de profesionales de la salud, aumentando la simplicidad y facilidad de acceso y visualización de los datos, además de poder transformar los archivos de las aplicaciones vistas en archivos que se pueden visualizar con estas nuevas aplicaciones, mas aún se debe trabajar más en la tecnología de los OCR para poder llegar a simplificar lo más posible el registro de datos de presión de los usuarios.

Ya con el trabajo práctico realizado, analizado y estudiado, se pueden formular las conclusiones correspondientes, además de proponer trabajos a futuro.

Capítulo 5. Conclusiones

5.1. Conclusiones

Del informe presentado se puede concluir que es factible utilizar la telemedicina para el telemonitoreo de la presión arterial, ya que existen equipos y aplicaciones de fácil acceso, que poseen las características necesarias para que el proceso sea intuitivo, fácil y simple de entender e implementar, tanto para posibles usuarios como para profesionales de la salud que trabajen con ellos. Las capacidades que presentan estas herramientas son lo suficientemente avanzadas para que puedan transmitir de forma rápida y segura los registros de presión de los pacientes hacia los profesionales, haciendo posible un tratamiento no ambulatorio.

Se puede concluir de igual manera que, aunque existan estos dispositivos y aplicaciones que posean las características mencionadas anteriormente, estas aún pueden ser mejoradas según las observaciones mostradas de esta memoria. Para ello, fue posible desarrollar aplicaciones que faciliten el trabajo del monitoreo del paciente o usuario utilizando métodos como el uso de OCR o trabajos con el reconocimiento de imágenes por IA. Mientras que para el profesional encargado, se logró simplificar de gran manera la forma de visualizar resultados y, por consiguiente, lograr una mejor retroalimentación con resultados fáciles de entender, analizar y comunicar al paciente. Estas herramientas, con el paso del tiempo y con el desarrollo de nuevas tecnologías, pueden hacer que la tarea de aplicar la telemedicina para telemonitorear de forma remota la salud cardiovascular de los pacientes sea cada vez más fácil y accesible para todas las personas involucradas en este proceso, y las aplicaciones desarrolladas en esta memoria de título son un excelente comienzo y base para acceder a lo mencionado.

Finalmente, se concluye, mediante las entrevistas con profesionales de la salud y el estudio de la literatura, que existen las herramientas para el desarrollo de la telemedicina en el área del monitoreo de la salud en el país, en donde la ingeniería biomédica estaría encargada de la selección de los equipos, la creación e implementación de los diferentes programas de monitoreo, la adquisición, desarrollo o creación de las herramientas o plataformas a utilizar y la agilización de la comunicación entre los médicos y sus pacientes durante el periodo de monitoreo y tratamiento, utilizando bases como la presentada en esta memoria de título, la cual fue validada por profesionales que podrían utilizarle en un futuro cercano.

5.2. Trabajo a Futuro

Como trabajo a futuro se tiene la continuación del estudio práctico, colaborando con algún recinto hospitalario (ya sea un CESFAM, un hospital o una clínica) para implementar y optimizar el programa entregado en este informe. De esta manera se trabajaría de forma más directa con funcionarios que utilizarían este programa en su trabajo y se contaría con una población de muestreo mucho más representativa a la que se obtuvo en este trabajo.

Además, se puede implementar el estudio de equipos de más valor, que cuenten con características que no se pudieron implementar en esta memoria de título, como lo puede ser la transmisión de datos mediante *bluetooth* o brazaletes con pantalla integrada. Se plantea la mejoría de las aplicaciones entregadas en esta memoria de título, desde su portabilidad a celulares Android por medio de APK, mejora en cuanto a la presentación o interfaz de la aplicación o incluso añadiendo la función de enviar directamente los registros de los pacientes desde la aplicación de almacenamiento de datos hacia el profesional de la salud, pero, como se nombró anteriormente, es necesario contar con los cuidados necesarios al manejar datos de salud de los usuarios, adoptando medidas como el uso de perfiles con contraseña o la encriptación de datos .

Luego, sería óptimo el desarrollo de un tensiómetro digital que posea la capacidad de enviar los datos de presión directo desde el equipo hacia el profesional, utilizando herramientas como el *bluetooth*, con el objetivo de crear equipos más económicos y eficientes, para su uso en diferentes hospitales del país.

Glosario

App	Aplicación.
CLP	Pesos chilenos.
CSV	Formato de archivo; Comma-Separated Values.
mmHg	Miligramos de mercurio.
OCR	Optical Character Recognition
PAD	Presión arterial diastólica.
PAS	Presión arterial sistólica.
PDF	Formato de archivo; Portable Document Format.
SMBP	Self Measured Blood Pressure Program; Programa de Automedición de Presión Sanguínea.
TXT	Formato de archivo; Texto

Referencias

- [1] Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), “Chile, donde las medidas contra la hipertensión salvan vidas,” 25 Agosto de 2021a. [En línea]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/25-8-2021-chile-donde-medidas-contrahipertension-salvan-vidas#:~:text=En%20Chile%2C%20aproximadamente%20uno%20de>.
- [2] Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), “Chile, donde las medidas contra la hipertensión salvan vidas,” 25 Agosto de 2021b. [En línea]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/25-8-2021-chile-donde-medidas-contrahipertension-salvan-vidas>.
- [3] M. Castro, “Tratamiento de la Hipertensión Arterial,” Escuela de Medicina, Agosto 2021. [En línea]. Disponible en: <https://medicina.uc.cl/publicacion/tratamiento-de-la-hipertension-arterial/>.
- [4] D. Financiero y R. Arvelo, “La telemedicina se alza como herramienta clave del ecosistema de salud en Chile para masificar acceso a especialistas,” Diario Financiero, 12 Abril 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.df.cl/df-lab/transformacion-digital/la-telemedicina-se-alza-como-herramienta-clave-del-ecosistema-de-salud>.
- [5] CDC, “The Surgeon General’s Call to Action to Control Hypertension,” Centers for Disease Control and Prevention, 15 Mayo 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.cdc.gov/high-blood-pressure/php/cta/?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/bloodpressure/CTA.htm.
- [6] “The White House Blueprint for Addressing the Maternal Health Crisis,” 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/06/Maternal-Health-Blueprint.pdf>. [Último acceso: 21 Marzo 2023].
- [7] D. McGrath, M. Meador, H. Wall y R. Padwal, “Self-Measured Blood Pressure Telemonitoring Programs – A Pragmatic How-To Guide,” *American Journal of Hypertension*, 36(8), 2023. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpad040>.
- [8] J. Fang, C. Luncheon, H. Wall, Wozniak, y F. Loustalot, “Self-Measured Blood Pressure Monitoring Among Adults With Self-Reported Hypertension in 20 US States and the District of Columbia, 2019,” *American Journal of Hypertension*, 34, 2021, pp.1148-1153. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpab091>.
- [9] Equimed, “Tensiómetros: what are they, types and role in hypertension,” Equimed - Medical Equipment. [En línea]. Disponible en: <https://equimed.es/en/tensiometers-what-are-they-what-role-do-they-have-in-hypertension-and-what-types-are-there/>. [Último acceso: 21 Marzo 2023].
- [10] A. Romeral, “Ruidos de Korotkoff, ¿qué son? – IEFS,” Instituto Español de Formadores En Salud, 26 Mayo 2022. [En línea]. Disponible en: <https://iefs.es/ruidos-de-korotkoff/>.
- [11] “Esfigomanómetro Tomador Presión Arterial Tensiómetro Manual – Surti-Ort,” Surti-Ort, n.d. [En línea]. Disponible en: <https://surti-ort.cl/index.php/product/esfigomanometro-tomador-presion-arterial-tensio metro-manual/>. [Último acceso: 21 Marzo 2023].

- [12] “Digital intelligent LCD tensiometer automatic pulse measurement tool electronic blood pressure monitor arm blood pressure,” Wish, n.d. [En línea]. Disponible en: <https://www.wish.com/product/digital-intelligent-lcd-tensiometer-automatic-pulse-measurement-tool-electronic-blood-pressure-monitor-arm-blood-pressure-5cb6d4b576151e2fb94b902c>. [Último acceso: 21 Marzo 2023].
- [13] “Blood pressure monitor loan agreement,” National Association of Chronic Disease Directors, n.d. [En línea]. Disponible en: http://resources.chronicdisease.org/dir/wp-content/uploads/2020/04/HCCP_tools_ODFMC-BP-Loan-Agreement.pdf. [Último acceso: 21 Marzo 2023].
- [14] Centers for Disease Control and Prevention, “Self-Measured Blood Pressure Monitoring for Clinicians A MILLION HEARTS® ACTION GUIDE,” Atlanta, 2014. [En línea]. Disponible en: https://millionhearts.hhs.gov/files/MH_SMBP_Clinicians.pdf.
- [15] The New York City Department of Health and Mental Hygiene, “Patient Self-Monitoring of Blood Pressure: A Provider’s Guide,” The New York City Department of Health and Mental Hygiene, n.d. [En línea]. Disponible en: <https://www.nyc.gov/assets/doh/downloads/pdf/csi/hyperkit-hcp-bpselfmon-guide.pdf>. [Último acceso: 21 Marzo 2023].
- [16] “A Look at Self-Measured Blood Pressure,” Targetbp.org, 27 Julio 2023. [En línea]. Disponible en: https://targetbp.org/tools_downloads/a-look-at-self-measured-blood-pressure/.
- [17] “Validate BP,” American Medical Association, n.d. [En línea]. Disponible en: <https://www.validatebp.org/>. [Último acceso: 21 Marzo 2023].
- [18] “Choosing a home blood pressure monitor for your practice,” 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.nachc.org/wp-content/uploads/2021/05/Choosing-a-Home-BP-Monitor_At-a-Glance-Comparison.pdf. [Último acceso: 21 Marzo 2023].
- [19] L. Ghazi y N. Bello, “Hypertension in Women Across the Lifespan,” *Current Atherosclerosis Reports*, 23, n° 8, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11883-021-00941-4>.
- [20] “Selecting a Cuff Size,” Targetbp.org, American Heart Association, n.d. [En línea]. Disponible en: <https://targetbp.org/patient-measured-bp/implementing/smbp-selecting-the-right-cuff-size/>. [Último acceso: 21 Marzo 2023].
- [21] “SMBP Infographic,” Targetbp.org, 27 Julio 2023. [En línea]. Disponible en: https://targetbp.org/tools_downloads/how-to-accurately-measure-blood-pressure-2/.
- [22] “SMBP Device Accuracy Test,” Targetbp.org, 24 Enero 2023. [En línea]. Disponible en: https://targetbp.org/tools_downloads/device-accuracy-test/.
- [23] “SMBP Patient Training Checklist,” Targetbp.org, 15 Marzo 2023. [En línea]. Disponible en: https://targetbp.org/tools_downloads/patient-training-checklist-loaner-2/.

[24] AMA Center for Health Equity, “BP Average Calculator,” American Medical Association, n.d. [En línea]. Disponible en: <https://www.ama-assn.org/node/27271>. [Último acceso: 21 Marzo 2023].

[25] “SMBP Average Calculator,” Targetbp.org, American Heart Association, 15 Marzo 2023. [En línea]. Disponible en: https://targetbp.org/tools_downloads/smbp-average-calculator/.

[26] Public Health Informatics Institute, “Health IT Checklist for Blood Pressure Telemonitoring Software,” National Association of Community Health Centers, 2022. [En línea]. Disponible en: https://phii.org/wp-content/uploads/2022/09/SMBP_HealthITChecklist_09.22.pdf.

[27] Cleveland Clinic, “What Is Blood Pressure?,” 1 Julio 2022. [En línea]. Disponible en: <https://my.clevelandclinic.org/health/diagnostics/17649-blood-pressure>.

[28] CardioBaja, “¿Qué es la presión arterial? ¿Cuáles son sus rangos normales?,” n.d. [En línea]. Disponible en: <https://www.cardiobaja.com/rangos-normales-de-presion-arterial.html>. [Último acceso: 21 Marzo 2023].

[29] A.D.A.M. medical encyclopedia, “Presión arterial alta en adultos - hipertensión,” 1 Enero 2023. [En línea]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000468.htm>.

[30] Mayo Clinic, “Cómo la presión arterial alta puede afectar al cuerpo,” 5 Marzo 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/high-blood-pressure/in-depth/high-blood-pressure/art-20045868>.

[31] American Heart Association, “How High Blood Pressure Can Lead to Vision Loss,” 4 Marzo 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure/health-threats-from-high-blood-pressure/how-high-blood-pressure-can-lead-to-vision-loss>.

[32] American Heart Association, “How High Blood Pressure Can Lead to a Heart Attack,” 4 Marzo 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure/health-threats-from-high-blood-pressure/how-high-blood-pressure-can-lead-to-a-heart-attack>.

[33] National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI), “¿Qué es la aterosclerosis?,” 13 Mayo 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/aterosclerosis>.

[34] Mayo Clinic, “Aortic dissection - Symptoms and causes,” 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/aortic-dissection/symptoms-causes/syc-20369496>.

[35] M. Galicia, “Diseción aórtica,” Centro Médico ABC, 3 Agosto 2022. [En línea]. Disponible en: <https://centromedicoabc.com/revista-digital/diseccion-aortica/>.

[36] Omron Healthcare, “OMRON connect (9.3.0),” 2023. [Aplicación móvil], App Store. [En línea]. Disponible en: <https://apps.apple.com/in/app/omron-connect/id1003177043>.

[37] Evolve Medical Systems LLC, “Evolve Medical Systems, LLC”. [En línea]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/evolve-medical->

[systems#:~:text=Evolve%20Medical%20Systems%2C%20LLC%20is.](#) [Último acceso: 21 Marzo 2023].

[38] Evolve Medical Systems LLC, “Blood Pressure Tracker BP (8.5.9),” 2023. [Aplicación móvil], App Store. [En línea]. Disponible en: <https://apps.apple.com/us/app/blood-pressure-app-smartbp/id519076558>.

[39] L. Vorvick, “Medición de la presión arterial,” 25 Julio 2022. [En línea]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/007490.htm>.

[40] Mayo Clinic, “Cómo aprovechar al máximo el control de la presión arterial en el hogar,” 22 Septiembre 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/high-blood-pressure/in-depth/high-blood-pressure/art-20047889>.

[41] J. Yatabe, M. Yatabe, R. Okada y A. Ichihara, “Efficacy of Telemedicine in Hypertension Care Through Home Blood Pressure Monitoring and Videoconferencing: Randomized Controlled Trial,” *JMIR Cardio*, vol. 5, n° 2, 2021. <https://doi.org/10.2196/27347>.

[42] O. Mgbemena, K. Becoats, I. Tfirm, E. Sadic, A. Rathore, S. Antoine y G. Velarde, “Improving Access to Cardiovascular Care Through Telehealth: A Single-Center Experience,” *Cardiology Research*, vol. 14, n° 1, pp. 63–68, 2023. <https://doi.org/10.14740/cr1474>.

[43] L. Wylie, “Health App Revenue and Usage Statistics (2024),” *Business of Apps*, 24 Marzo 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.businessofapps.com/data/health-app-market/>.

[44] Research2guidance, “mHealth App Developer Economics: the current status and trends of the mHealth app market,” 18 Enero 2018. [En línea]. Disponible en: <https://research2guidance.com/r2g/r2g-mHealth-App-Developer-Economics-2016.pdf>.

[45] H. Jamaladin, T. van de Belt, L. Luijpers, F. de Graaff, S. Bredie, N. Roeleveld y M. van Gelder, “Mobile Apps for Blood Pressure Monitoring: Systematic Search in App Stores and Content Analysis,” *JMIR MHealth and UHealth*, vol. 6, n° 11, 2018. <https://doi.org/10.2196/mhealth.9888>.

[46] M. Elnaem, M. Mosaad, D. Abdelaziz, N. Mansour, A. Usman, M. Elrggal y E. Cheema, “Disparities in Prevalence and Barriers to Hypertension Control: A Systematic Review,” *International journal of environmental research and public health*, vol. 19, n° 21, p. 14571, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114571>.

[47] D. Pellegrini, C. Torlasco, J. Ochoa y G. Parati, “Contribution of telemedicine and information technology to hypertension control,” *Hypertension research: official journal of the Japanese Society of Hypertension*, vol. 43, n° 7, pp. 621-628, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41440-020-0422-4>

[48] Z. Dingchang, A. John, M. Stephan, S. Fiona Elizabeth, K. Susan, M. Alan.”Automated blood pressure measurement: Reasons for measurement variability uncovered.” *Computers in Cardiology*. 36. 21 - 24. 2009)

[49] McKinney, W. (2010). Data Structures for Statistical Computing in Python. Proceedings of the 9th Python in Science Conference, 51-56. <https://doi.org/10.25080/Majora-92bf1922-00a>

- [50] Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D Graphics Environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90-95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- [51] Python Software Foundation. (n.d.). Tkinter: Python interface to Tcl/Tk. Python.org. <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>
- [52] Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., ... & Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585(7825), 357-362. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
- [53] FPDF. (n.d.). FPDF: Free PDF Generation Library. <http://www.fpdf.org/>

Anexo A. Estudio de Alternativas de Tensiómetros Digitales

Descripcion del Bien	Tensiómetro Digital		
Cantidad	2		
Empresa	MedicalTec	Braun BmbH	MedicalTec
Marca	Omron	Braun	Omron
Modelo	HEM-7122	ExactFit 1	HEM-7600
(Características Generales)			
Precio	\$49.990	\$38.990	\$159.990
Modo de inflado	Automatico	Automatico	Automatico
Dimensiones(Ancho x Alto x Largo)	103mm x 80mm x 129mm	165mm x 95mm x 115mm	85mm x 120mm x 20mm
Peso(sin pilas)	450g	540g	240g
Ubicación de uso	Antebrazo	Antebrazo	Antebrazo
Tipo de pantalla	LCD	LCD	OLED
(Funcionalidad)			
Registro de datos	Ultimas 30 mediciones	Ultima medicion	Ultimas 100 mediciones
Deteccion de error	Sensor de movimiento, aviso de ajuste de brazalete	Falla en las mediciones	Sensor de movimiento
Compatibilidad con App	Directa- App Omron Connect	Indirecta- App Braun Healthy Heart	Directa-App Omron Connect
(Contenido de el equipo)			
Brazalete	Universal(22-42cm)	Universal (22-42cm)	All in one, brazalete integrado al equipo
Fuente de alimentacion	Pilas AAx4 (incluidas)	Pilas AAx4 (incluidas)	Pilas AAx4 (incluidas)
Manual de uso	Incluido con instrucciones en español	Incluido con instrucciones en español	Incluido con instrucciones en español

Figura A.1. Estudio de alternativas de equipos de medición de presión sanguínea.

Anexo B. Infografía de Instrucciones para una Correcta Medición de la Presión Arterial.

CÓMO MEDIR SU PRESIÓN ARTERIAL EN EL HOGAR

TARGET:BP™




Siga estos pasos para una medición precisa de la presión arterial

1. PREPARACIÓN

Evite la cafeína, fumar y el ejercicio durante 30 minutos antes de medir la tensión arterial.

Espera al menos 30 minutos después de una comida.

Si está tomando medicación para la tensión arterial, mida su tensión arterial antes de tomar su medicación.

Vacíe la vejiga previamente.

Encuentre un espacio tranquilo donde puede sentarse cómodamente sin distracción.

2. POSICIÓN



COLOQUE EL BRAZALETE EN EL BRAZO SIN DOPA, POR ENCIMA DEL CODO, A LA ALTURA DEL BRAZO MEDIO

COLOQUE EL BRAZO EN POSICIÓN DE MANERA QUE EL BRAZALETE ESTE A NIVEL CARDÍACO

MANTENGA EL BRAZO APOYADO, PALMA HACIA ARRIBA, CON LOS MÚSCULOS RELAJADOS

SIÉNTESE SIN CRUZAR LAS PIERNAS

MANTENGA LA ESPALDA APOYADA

MANTENGA LOS PIES PLANOS EN EL SUELO

3. MEDIDA

Descanse durante cinco minutos mientras está en posición antes de empezar.

Tome dos o tres mediciones, con un minuto entre ellas, dos veces al día durante siete días.

Mantenga el cuerpo relajado y puesto en posición durante las mediciones.

Siéntese tranquilamente sin distracciones durante las mediciones: evite conversaciones, televisión, teléfonos y otros dispositivos.

Registre las mediciones cuando termine.

Contenido proporcionado por

AMA | MAPBP™

©2020 American Medical Association. Todos los derechos reservados. 10/20 MRG15949-6D

Este Preparación, posición, medición se ha adaptado con permiso de la American Medical Association y la Johns Hopkins University. El contenido original protegido por derechos de autor puede consultarse en ama-assn.org/jama-johns-hopkins-blood-pressure-resources

Figura B.1. Infografía de pasos y consideraciones para la medición de presión en el hogar [21].

Anexo C. Código de detección y almacenamiento automático de datos de presión

```

1. function myFunction2() {
2.   var check = SpreadsheetApp.openById("1ChQdMuP34LRU-
   GhLxM35Toky6juVMtjLoFaipu907Bk").getSheetByName("Form Responses
   1")
3.   var check2 = SpreadsheetApp.openById("1ChQdMuP34LRU-
   GhLxM35Toky6juVMtjLoFaipu907Bk").getSheetByName("PANEL")
4.
5.
6.   var options ={
7.     ocr:true
8.   }
9.   var lis1 = check.getDataRange().getValues();
10.
11.   for(var x = 1; x < lis1.length; x++)
12.   {
13.     numer = []
14.     j = 0
15.     a =
lis1[x][2].replace("https://drive.google.com/open?id=", "")
16.     imgv= DriveApp.getFileById(a).getBlob();
17.     var fiken =
Drive.Files.insert(['ee', 'image/jpge'],imgv,options);
18.     var opec = DocumentApp.openById(fiken.id);
19.     var exta = opec.getBody().getText();
20.     x2 = x +1
21.     console.log(exta)
22.     av = exta.split("\n")
23.     ln = av.length
24.
25.     for(var v = 0; v < ln; v++)
26.     {
27.       da = av[v].replace(":", "000000")
28.       if(isNaN(parseInt(da))==false && parseInt(da) <1000)
29.       {
30.         numer.push(parseInt(da))
31.       }
32.
33.
34.
35.     }
36.     sis = numer[numer.length-3]
37.     dia =numer[numer.length-2]
38.     pu1 = numer[numer.length-1]
39.     check.getRange("D"+x2).setValue(sis)
40.     check.getRange("E"+x2).setValue(dia)
41.     check.getRange("F"+x2).setValue(pu1)
42.     rtnFromDLET = Drive.Files.remove(fiken.id);
43.
44.   }
45.   app
=DriveApp.getFileById("1ZSWBuIG2YTFjektZxTX6izVed59S6Yg09v5Wyydwf
98")
46.   vc = app.makeCopy("avr7")
47.   cd = vc.getId()
48.   doc = DocumentApp.openById(cd)
49.   bod = doc.getBody()
50.   for(var x = 1; x < lis1.length; x++)

```

```
51.     {
52.         h = lis1[x][0]
53.         h = Utilities.formatDate(h, 'Etc/GMT', 'yyyy-MM-dd\'
    \'HH:mm:ss')
54.
55.         a = lis1[x][3]
56.         b = lis1[x][4]
57.         c = lis1[x][5]
58.
59.         bod.appendParagraph("Fecha y hora: "+h+"\nMetodo: Ingreso
Manual\nPresión Sistólica: "+a+" mmHg\nPresión Diastólica: "+b+"
mmHg\nPulso: "+c+"\n");
60.     }
61.     check2.getRange("B1").setValue("https://docs.google.com/docu
ment/d/"+cd)
62.
63.
64.
65.
66.     }
```

Anexo D. Código en Python de App de visualización de datos de presión y conversión de archivos .Csv a .txt

```

1. import os
2. import pandas as pd
3. import matplotlib.pyplot as plt
4. from matplotlib.backends.backend_tkagg import FigureCanvasTkAgg,
   NavigationToolbar2Tk
5. from tkinter import Tk, Label, Button, filedialog, simpledialog,
   messagebox, Frame, Text, Scrollbar, StringVar, Entry, Toplevel,
   OptionMenu
6. from tkinter import font as tkFont
7. from datetime import datetime
8. import matplotlib.dates as mdates
9. import numpy as np
10.     from fpdf import FPDF
11.
12.     class BPApp:
13.         def __init__(self, master):
14.             self.master = master
15.             self.master.title("CSV to TXT Converter & BP Reader
   App")
16.
17.             # UI Styling
18.             self.title_font = tkFont.Font(family="Tahoma",
   size=14, weight="bold")
19.             self.label_font = tkFont.Font(family="Tahoma",
   size=12)
20.             self.bold_font = tkFont.Font(family="Tahoma",
   size=12, weight="bold")
21.             self.button_font = tkFont.Font(family="Tahoma",
   size=10, weight="bold")
22.             self.bg_color = "#ADD8E6" # Light blue color for
   the background
23.             self.btn_color = "#3498db"
24.             self.btn_fg_color = "#ffffff"
25.             self.label_color = "#2c3e50"
26.
27.
28.             main_frame = Frame(master, bg=self.bg_color)
29.             main_frame.pack(fill="both", expand=True, padx=10,
   pady=10)
30.
31.
32.             conversion_frame = Frame(main_frame,
   bg=self.bg_color)
33.             conversion_frame.pack(pady=10)
34.
35.             self.omron_button = Button(conversion_frame,
   text="Convertir archivo Omron",
   command=self.convert_omron_csv_to_txt,
36.             bg=self.btn_color,
   fg=self.btn_fg_color, font=self.button_font, width=20)
37.             self.omron_button.pack(side="left", padx=5)
38.
39.             self.smartbp_button = Button(conversion_frame,
   text="Convertir archivo SmartBP",
   command=self.convert_smartbp_csv_to_txt,

```

```

40.                                     bg=self.btn_color,
    fg=self.btn_fg_color, font=self.button_font, width=20)
41.                                     self.smartbp_button.pack(side="left", padx=5)
42.
43.                                     self.forms_csv_button = Button(conversion_frame,
    text="Convertir archivo Google",
    command=self.convert_forms_csv_to_txt,
44.                                     bg=self.btn_color,
    fg=self.btn_fg_color, font=self.button_font, width=20)
45.                                     self.forms_csv_button.pack(side="left", padx=5)
46.
47.
48.                                     file_control_frame = Frame(main_frame,
    bg=self.bg_color)
49.                                     file_control_frame.pack(pady=10)
50.
51.                                     self.open_button = Button(file_control_frame,
    text="Abrir Archivo", command=self.abrir_archivo,
    bg=self.btn_color, fg=self.btn_fg_color, font=self.button_font,
    width=20)
52.                                     self.open_button.pack(side="left", padx=5)
53.
54.                                     self.close_button = Button(file_control_frame,
    text="Cerrar", command=self.cerrar_app,
55.                                     bg="#e74c3c",
    fg=self.btn_fg_color, font=self.button_font, width=20)
56.                                     self.close_button.pack(side="left", padx=5)
57.
58.                                     self.label = Label(main_frame, text="Seleccione un
    archivo de registros:", bg=self.bg_color, font=self.title_font,
    fg=self.label_color)
59.                                     self.label.pack(pady=10)
60.
61.                                     self.name_label = Label(main_frame, text="",
    bg=self.bg_color, font=self.bold_font, fg=self.label_color)
62.                                     self.name_label.pack(pady=5)
63.
64.
65.                                     nav_graph_frame = Frame(main_frame,
    bg=self.bg_color)
66.                                     nav_graph_frame.pack(pady=10)
67.
68.                                     self.graph_button = Button(nav_graph_frame,
    text="Ver Gráfico", command=self.abrir_ventana_grafico,
    bg=self.btn_color, fg=self.btn_fg_color, font=self.button_font,
    width=15)
69.                                     self.graph_button.pack(side="left", padx=5)
70.
71.                                     self.go_button = Button(nav_graph_frame, text="Ir a
    Lectura", command=self.go_to_specific_readings,
    bg=self.btn_color, fg=self.btn_fg_color, font=self.button_font,
    width=15)
72.                                     self.go_button.pack(side="left", padx=5)
73.
74.                                     self.next_button = Button(nav_graph_frame,
    text="Siguiente Lectura", command=self.navigate_to_next_reading,
    bg=self.btn_color, fg=self.btn_fg_color, font=self.button_font,
    width=15)
75.                                     self.next_button.pack(side="left", padx=5)

```

```

76.
77.         self.reading_entry_label = Label(nav_graph_frame,
       text="Lectura específica:", bg=self.bg_color,
       font=self.label_font, fg=self.label_color)
78.         self.reading_entry_label.pack(side="left", padx=5)
79.
80.         self.reading_entry = Entry(nav_graph_frame,
       width=10)
81.         self.reading_entry.pack(side="left", padx=5)
82.
83.         self.warning_var = StringVar()
84.         self.warning_label = Label(main_frame,
       textvariable=self.warning_var, bg=self.bg_color,
       font=self.bold_font, fg="red", wraplength=400)
85.         self.warning_label.pack(pady=5)
86.
87.
88.         text_frame = Frame(main_frame)
89.         text_frame.pack(fill="both", expand=True, pady=5)
90.
91.         self.result_text = Text(text_frame, wrap="word",
       bg="#f0f0f0", font=self.label_font)
92.         self.result_text.pack(side="left", fill="both",
       expand=True)
93.
94.         scrollbar = Scrollbar(text_frame,
       command=self.result_text.yview)
95.         scrollbar.pack(side="right", fill="y")
96.         self.result_text.configure(yscrollcommand=scrollbar.set)
97.
98.         self.hypertension_warnings = []
99.         self.current_warning_index = 0
100.
101.
102.         self.dates = []
103.         self.systolic_values = []
104.         self.diastolic_values = []
105.
106.
107.         self.fig = None
108.         self.ax = None
109.         self.canvas = None
110.         self.current_xlim = None
111.
112.
113.         self.patient_profiles = {}
114.         self.current_patient = None
115.
116.
117.         def convert_omron_csv_to_txt(self):
118.             self.convert_csv_to_txt("Omron")
119.
120.         def convert_smartbp_csv_to_txt(self):
121.             self.convert_csv_to_txt("SmartBP")
122.
123.         def convert_forms_csv_to_txt(self):
124.             self.convert_csv_to_txt("FormsCSV")
125.

```

```

126.         def convert_csv_to_txt(self, format_type):
127.             try:
128.                 file_path =
129.                 filedialog.askopenfilename(title="Select CSV File",
130.                 filetypes=[("CSV Files", "*.csv")])
131.                 if not file_path:
132.                     messagebox.showerror("Error", "No file
133.                     selected.")
134.                     return
135.                 df = pd.read_csv(file_path)
136.                 if format_type == "Omron":
137.                     relevant_columns = df.iloc[:, [0, 2, 3, 4]]
138.                 elif format_type == "SmartBP":
139.                     relevant_columns = df.iloc[:, [0, 1, 2, 3]]
140.                 elif format_type == "FormsCSV":
141.                     relevant_columns = df.iloc[:, [0, 3, 4, 5]]
142.
143.                 name = simpdialog.askstring("Input", "Enter
144.                 your name:")
145.                 if not name:
146.                     messagebox.showerror("Error", "No name
147.                     entered.")
148.                     return
149.                 output_lines = []
150.                 for index, row in relevant_columns.iterrows():
151.                     date_time_original = row[0].strip()
152.                     if format_type == "Omron":
153.                         date, time = date_time_original.split()
154.                         date = date.replace("/", "-")
155.                         time_parts = time.split(":")
156.                         hour = time_parts[0]
157.                         minute = time_parts[1]
158.                         fixed_time = f"{hour}:{minute}:00"
159.                         date_time = f"{date} {fixed_time}"
160.
161.                     elif format_type == "SmartBP":
162.                         date_part, time_part, am_pm =
163.                         date_time_original.split()
164.                         month, day, year = date_part.split("/")
165.                         date = f"20{year}-{month}-{day}"
166.                         if am_pm == "PM" and not
167.                         time_part.startswith("12"):
168.                             hour, minute, second = map(int,
169.                             time_part.split(":"))
170.                             hour += 12
171.                         elif am_pm == "AM" and
172.                         time_part.startswith("12"):
173.                             hour, minute, second = map(int,
174.                             time_part.split(":"))
175.                             hour = 0
176.                         else:
177.                             hour, minute, second = map(int,
178.                             time_part.split(":"))

```

```

174.
175.         fixed_time =
176.         f"{hour:02d}:{minute:02d}:00"
177.         date_time = f"{date} {fixed_time}"
178.
179.         elif format_type == "FormsCSV":
180.             date_time = date_time_original
181.
182.             systolic = row[1]
183.             diastolic = row[2]
184.             pulse = row[3]
185.             output_lines.append(f"Fecha y Hora:
186.             {date_time}")
187.             output_lines.append("Método: Detección
188.             Automática")
189.             output_lines.append(f"Presión Sistólica:
190.             {systolic} mmHg")
191.             output_lines.append(f"Presión Diastólica:
192.             {diastolic} mmHg")
193.             output_lines.append(f"Pulso: {pulse}")
194.             output_lines.append("\n")
195.
196.             output_filename = f"{name}_resultados.txt"
197.             output_directory = os.path.dirname(file_path)
198.             output_path = os.path.join(output_directory,
199.             output_filename)
200.
201.             with open(output_path, "w") as f:
202.                 f.write("\n".join(output_lines))
203.
204.             messagebox.showinfo("Success", f"File saved as
205.             {output_path}")
206.
207.             except Exception as e:
208.                 messagebox.showerror("Error", f"An error
209.                 occurred: {str(e)}")
210.
211.
212.         def abrir_archivo(self):
213.             file_path =
214.             filedialog.askopenfilename(title="Seleccionar Archivo",
215.             filetypes=[("Archivos de Texto", "*.txt")])
216.
217.             if file_path and os.path.isfile(file_path):
218.                 patient_name =
219.                 self.extract_patient_name_from_filename(file_path)
220.                 self.name_label.config(text=f"Paciente:
221.                 {patient_name}")
222.                 self.display_file_content(file_path)
223.             else:
224.                 self.result_text.delete(1.0, "end")
225.                 self.result_text.insert("end", "No se pudo abrir
226.                 el archivo. Por favor, seleccione un archivo válido.")
227.
228.         def extract_patient_name_from_filename(self, file_path):
229.             filename = os.path.basename(file_path)
230.             if filename.endswith("_resultados.txt"):
231.                 return filename.replace("_resultados.txt", "")
232.             else:

```



```

311.         self.result_text.insert("end", "\n" + "_" * 100 +
"\n\n")
312.
313.         def navigate_to_next_reading(self):
314.             if self.current_warning_index <
len(self.hypertension_warnings):
315.                 reading_number =
self.hypertension_warnings[self.current_warning_index]
316.                 position =
self.reading_positions.get(reading_number)
317.                 if position:
318.                     self.result_text.seek(position)
319.                     self.result_text.tag_add("target", position,
f"{position} lineend")
320.                     self.result_text.after(2000, lambda:
self.result_text.tag_remove("target", position, f"{position}
lineend"))
321.                     self.current_warning_index += 1
322.
323.         def go_to_specific_readings(self):
324.             input_text = self.reading_entry.get().strip()
325.             if input_text:
326.                 try:
327.                     selected_numbers = list(map(int,
input_text.split(',')))
328.                     self.hypertension_warnings = [num for num in
selected_numbers if num in self.reading_positions]
329.                     self.current_warning_index = 0
330.                     self.navigate_to_next_reading()
331.                 except ValueError:
332.                     self.warning_var.set("Entrada no válida. Por
favor, ingrese números separados por comas.")
333.
334.         def abrir_ventana_grafico(self):
335.             graph_window = Toplevel(self.master)
336.             graph_window.title("Gráfico de Presión Arterial")
337.             graph_window.geometry("800x600")
338.
339.             # Frame for the buttons to reduce vertical clutter
340.             button_frame = Frame(graph_window)
341.             button_frame.pack(pady=10)
342.
343.             option_var = StringVar(graph_window)
344.             option_var.set("weeks")
345.
346.             options_menu = OptionMenu(button_frame, option_var,
"weeks", "months", "years")
347.             options_menu.pack(side="left", padx=5)
348.
349.             show_graph_button = Button(button_frame,
text="Mostrar Gráfico", command=lambda:
self.mostrar_grafico(option_var.get(), graph_window))
350.             show_graph_button.pack(side="left", padx=5)
351.
352.             save_graph_button = Button(button_frame,
text="Guardar Gráfico", command=self.save_graph)
353.             save_graph_button.pack(side="left", padx=5)
354.

```

```

355.         calculate_stats_button = Button(button_frame,
356.         text="Calcular Estadísticas", command=self.calculate_statistics)
357.         calculate_stats_button.pack(side="left", padx=5)
358.         generate_report_button = Button(button_frame,
359.         text="Generar Informe PDF", command=self.generar_informe_pdf)
360.         generate_report_button.pack(side="left", padx=5)
361.         reset_button = Button(button_frame, text="Reset",
362.         command=lambda: self.reset_graph(graph_window))
363.         reset_button.pack(side="left", padx=5)
364.         self.add_zoom_controls(graph_window)
365.         self.add_navigation_controls(graph_window)
366.
367.     def add_zoom_controls(self, graph_window):
368.         control_frame = Frame(graph_window)
369.         control_frame.pack(pady=10)
370.
371.         start_label = Label(control_frame, text="Inicio:")
372.         start_label.pack(side="left")
373.         self.start_entry = Entry(control_frame, width=5)
374.         self.start_entry.pack(side="left", padx=5)
375.
376.         end_label = Label(control_frame, text="Fin:")
377.         end_label.pack(side="left")
378.         self.end_entry = Entry(control_frame, width=5)
379.         self.end_entry.pack(side="left", padx=5)
380.
381.         zoom_button = Button(control_frame, text="Zoom",
382.         command=self.update_graph_with_zoom)
383.         zoom_button.pack(side="left", padx=5)
384.
385.     def add_navigation_controls(self, graph_window):
386.         nav_frame = Frame(graph_window)
387.         nav_frame.pack(pady=10)
388.
389.         left_button = Button(nav_frame, text="<<",
390.         command=self.navigate_left)
391.         left_button.pack(side="left", padx=10)
392.
393.         right_button = Button(nav_frame, text=">>",
394.         command=self.navigate_right)
395.         right_button.pack(side="left", padx=10)
396.
397.     def mostrar_grafico(self, interval, graph_window):
398.         self.fig, self.ax = plt.subplots(figsize=(10, 5))
399.
400.         if interval == "weeks":
401.             locator = mdates.WeekdayLocator()
402.             date_format = mdates.DateFormatter('%Y-%m-%d')
403.         elif interval == "months":
404.             locator = mdates.MonthLocator()
405.             date_format = mdates.DateFormatter('%Y-%m')
406.         else:
407.             locator = mdates.YearLocator()
408.             date_format = mdates.DateFormatter('%Y')
409.
410.         self.ax.xaxis.set_major_locator(locator)

```

```

408.         self.ax.xaxis.set_major_formatter(date_format)
409.
410.         self.ax.plot(self.dates, self.systolic_values,
411. label="Presión Sistólica", color="#2c3e50", marker="o")
411.         self.ax.plot(self.dates, self.diastolic_values,
412. label="Presión Diastólica", color="#e74c3c", marker="o")
412.
413.         for i, (date, systolic, diastolic) in
414. enumerate(zip(self.dates, self.systolic_values,
415. self.diastolic_values), start=1):
414.             self.ax.annotate(f'{i}', (date, systolic),
415. textcoords="offset points", xytext=(0,10), ha='center',
416. fontsize=8, color='#2c3e50')
415.             self.ax.annotate(f'{i}', (date, diastolic),
416. textcoords="offset points", xytext=(0,10), ha='center',
417. fontsize=8, color='#e74c3c')
416.
417.         self.ax.axhline(y=140, color="#2980b9", linestyle="--",
418. label="Umbral Hipertensión Sistólica (140 mmHg)")
418.         self.ax.axhline(y=80, color="#c0392b", linestyle="--",
419. label="Umbral Hipertensión Diastólica (80 mmHg)")
419.
420.         self.ax.set_xlabel("Fecha", fontsize=12)
421.         self.ax.set_ylabel("Presión (mmHg)", fontsize=12)
422.         self.ax.set_title("Presión Arterial vs Tiempo",
423. fontsize=16)
423.         self.ax.legend(fontsize=10)
424.         self.ax.grid(True, linestyle="--", alpha=0.7)
425.         plt.xticks(rotation=45)
426.         plt.tight_layout()
427.
428.         self.canvas = FigureCanvasTkAgg(self.fig,
429. master=graph_window)
429.         self.canvas.draw()
430.         self.canvas.get_tk_widget().pack(fill="both",
431. expand=True)
431.
432.         toolbar = NavigationToolbar2Tk(self.canvas,
433. graph_window)
433.         toolbar.update()
434.         self.canvas.get_tk_widget().pack(side="top",
435. fill="both", expand=True)
435.
436.         self.current_xlim = self.ax.get_xlim()
437.
438.         def save_graph(self):
439.             file_path =
440.             filedialog.asksaveasfilename(defaultextension=".png",
441. filetypes=[("PNG files", "*.png"), ("All files", "*.*")])
440.             if file_path:
441.                 self.fig.savefig(file_path)
442.                 messagebox.showinfo("Éxito", f"Gráfico guardado
443. en {file_path}")
443.
444.         def reset_graph(self, graph_window):
445.             graph_window.destroy()
446.             self.abrir_ventana_grafico()
447.
448.         def update_graph_with_zoom(self):

```

```

449.         try:
450.             start = int(self.start_entry.get()) - 1
451.             end = int(self.end_entry.get())
452.
453.             if start < 0 or end > len(self.dates) or start
454. >= end:
455.                 raise ValueError("Invalid range")
456.
457.             self.ax.clear()
458.             self.ax.plot(self.dates[start:end],
459. self.systolic_values[start:end], label="Presión Sistólica",
460. color="#2c3e50", marker="o")
461.             self.ax.plot(self.dates[start:end],
462. self.diastolic_values[start:end], label="Presión Diastólica",
463. color="#e74c3c", marker="o")
464.
465.             for i in range(start, end):
466.                 self.ax.annotate(f'{{i+1}}', (self.dates[i],
467. self.systolic_values[i]), textcoords="offset points",
468. xytext=(0,10), ha='center', fontsize=8, color='#2c3e50')
469.                 self.ax.annotate(f'{{i+1}}', (self.dates[i],
470. self.diastolic_values[i]), textcoords="offset points",
471. xytext=(0,10), ha='center', fontsize=8, color='#e74c3c')
472.
473.             self.ax.axhline(y=140, color="#2980b9",
474. linestyle="--", label="Umbral Hipertensión Sistólica (140 mmHg)")
475.             self.ax.axhline(y=80, color="#c0392b",
476. linestyle="--", label="Umbral Hipertensión Diastólica (80 mmHg)")
477.
478.             self.ax.set_xlabel("Fecha", fontsize=12)
479.             self.ax.set_ylabel("Presión (mmHg)",
480. fontsize=12)
481.             self.ax.set_title("Presión Arterial vs Tiempo",
482. fontsize=16)
483.             self.ax.legend(fontsize=10)
484.             self.ax.grid(True, linestyle="--", alpha=0.7)
485.             plt.xticks(rotation=45)
486.             plt.tight_layout()
487.
488.             self.canvas.draw()
489.
490.             self.current_xlim = self.ax.get_xlim()
491.         except ValueError:
492.             pass
493.
494.     def calculate_statistics(self):
495.         if self.systolic_values and self.diastolic_values:
496.             # Calcular estadísticas básicas
497.             avg_systolic = np.mean(self.systolic_values)
498.             std_systolic = np.std(self.systolic_values)
499.             max_systolic = np.max(self.systolic_values)
500.             min_systolic = np.min(self.systolic_values)
501.             median_systolic =
502. np.median(self.systolic_values)
503.
504.             avg_diastolic = np.mean(self.diastolic_values)
505.             std_diastolic = np.std(self.diastolic_values)
506.             max_diastolic = np.max(self.diastolic_values)

```

```

494.         min_diastolic = np.min(self.diastolic_values)
495.         median_diastolic =
np.median(self.diastolic_values)
496.
497.
498.         systolic_hypertensive_count =
np.sum(np.array(self.systolic_values) >= 140)
499.         diastolic_hypertensive_count =
np.sum(np.array(self.diastolic_values) >= 80)
500.
501.         systolic_hypertensive_percentage =
(systolic_hypertensive_count / len(self.systolic_values)) * 100
502.         diastolic_hypertensive_percentage =
(diastolic_hypertensive_count / len(self.diastolic_values)) * 100
503.
504.         stats_message = (
505.             f"Estadísticas:\n"
506.             f"Promedio Presión Sistólica:
{avg_systolic:.2f} mmHg\n"
507.             f"Desviación Estándar Sistólica:
{std_systolic:.2f} mmHg\n"
508.             f"Máxima Presión Sistólica: {max_systolic}
mmHg\n"
509.             f"Mínima Presión Sistólica: {min_systolic}
mmHg\n"
510.             f"Mediana Presión Sistólica:
{median_systolic} mmHg\n"
511.             f"El {systolic_hypertensive_percentage:.2f}%
de los registros de presión sistólica presentan valores de
hipertensión\n"
512.             f"\n"
513.             f"Promedio Presión Diastólica:
{avg_diastolic:.2f} mmHg\n"
514.             f"Desviación Estándar Diastólica:
{std_diastolic:.2f} mmHg\n"
515.             f"Máxima Presión Diastólica: {max_diastolic}
mmHg\n"
516.             f"Mínima Presión Diastólica: {min_diastolic}
mmHg\n"
517.             f"Mediana Presión Diastólica:
{median_diastolic} mmHg\n"
518.             f"El
{diastolic_hypertensive_percentage:.2f}% de los registros de
presión diastólica presentan valores de hipertensión"
519.         )
520.
521.         messagebox.showinfo("Estadísticas de Presión
Arterial", stats_message)
522.         else:
523.             messagebox.showerror("Error", "No hay datos
suficientes para calcular las estadísticas.")
524.
525.         def generar_informe_pdf(self):
526.             if not self.dates or not self.systolic_values or not
self.diastolic_values:
527.                 messagebox.showerror("Error", "No hay datos para
generar un informe.")
528.                 return
529.

```

```

530.
531.         if self.fig is None:
532.             self.mostrar_grafico("weeks", None)
533.
534.
535.         pdf = FPDF()
536.         pdf.set_auto_page_break(auto=True, margin=15)
537.
538.
539.         pdf.add_page()
540.         pdf.set_font("Arial", size=12)
541.
542.
543.         patient_name =
self.name_label.cget("text").replace("Paciente: ", "")
544.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Informe de Presión Arterial
de {patient_name}", ln=True, align="C")
545.
546.
547.         avg_systolic = np.mean(self.systolic_values)
548.         std_systolic = np.std(self.systolic_values)
549.         max_systolic = np.max(self.systolic_values)
550.         min_systolic = np.min(self.systolic_values)
551.         median_systolic = np.median(self.systolic_values)
552.
553.         avg_diastolic = np.mean(self.diastolic_values)
554.         std_diastolic = np.std(self.diastolic_values)
555.         max_diastolic = np.max(self.diastolic_values)
556.         min_diastolic = np.min(self.diastolic_values)
557.         median_diastolic = np.median(self.diastolic_values)
558.
559.
560.         systolic_hypertensive_count =
np.sum(np.array(self.systolic_values) >= 140)
561.         diastolic_hypertensive_count =
np.sum(np.array(self.diastolic_values) >= 80)
562.
563.         systolic_hypertensive_percentage =
(systolic_hypertensive_count / len(self.systolic_values)) * 100
564.         diastolic_hypertensive_percentage =
(diastolic_hypertensive_count / len(self.diastolic_values)) * 100
565.
566.         pdf.ln(10)
567.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Promedio Presión Sistólica:
{avg_systolic:.2f} mmHg", ln=True)
568.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Desviación Estándar
Sistólica: {std_systolic:.2f} mmHg", ln=True)
569.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Máxima Presión Sistólica:
{max_systolic} mmHg", ln=True)
570.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Mínima Presión Sistólica:
{min_systolic} mmHg", ln=True)
571.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Mediana Presión Sistólica:
{median_systolic} mmHg", ln=True)
572.         pdf.cell(200, 10, txt=f"El
{systolic_hypertensive_percentage:.2f}% de los registros de
presión sistólica presentan valores de hipertensión", ln=True)
573.
574.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Promedio Presión Diastólica:
{avg_diastolic:.2f} mmHg", ln=True)

```

```

575.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Desviación Estándar
Diastólica: {std_diastolic:.2f} mmHg", ln=True)
576.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Máxima Presión Diastólica:
{max_diastolic} mmHg", ln=True)
577.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Mínima Presión Diastólica:
{min_diastolic} mmHg", ln=True)
578.         pdf.cell(200, 10, txt=f"Mediana Presión Diastólica:
{median_diastolic} mmHg", ln=True)
579.         pdf.cell(200, 10, txt=f"EI
{diastolic_hypertensive_percentage:.2f}% de los registros de
presión diastólica presentan valores de hipertensión", ln=True)
580.
581.
582.         pdf.add_page()
583.         temp_img_path = "temp_graph.png"
584.         self.fig.savefig(temp_img_path)
585.         pdf.image(temp_img_path, x=10, y=10, w=190) # Use
the whole page width
586.         os.remove(temp_img_path)
587.
588.
589.         pdf.add_page()
590.         pdf.set_font("Arial", size=12, style='B')
591.         pdf.cell(200, 10, txt="Registros de Presión Arterial
por Mes:", ln=True)
592.         pdf.ln(5)
593.
594.         current_month = None
595.         for date, systolic, diastolic in zip(self.dates,
self.systolic_values, self.diastolic_values):
596.             month_year = date.strftime("%B %Y")
597.             if current_month != month_year:
598.                 current_month = month_year
599.                 pdf.set_font("Arial", size=12, style='B')
600.                 pdf.ln(5)
601.                 pdf.cell(200, 10, txt=current_month,
ln=True)
602.                 pdf.set_font("Arial", size=12)
603.
604.                 pdf.cell(200, 10, txt=f"{date.strftime('%Y-%m-%d
%H:%M:%S')} - Sistólica: {systolic} mmHg, Diastólica: {diastolic}
mmHg", ln=True)
605.
606.
607.         output_path =
filedialog.asksaveasfilename(defaultextension=".pdf",
filetypes=[("PDF files", "*.pdf"), ("All files", "*.*")])
608.         if output_path:
609.             pdf.output(output_path)
610.             messagebox.showinfo("Éxito", f"Informe guardado
en {output_path}")
611.
612.         def navigate_left(self):
613.             if self.current_xlim:
614.                 shift_amount = (self.current_xlim[1] -
self.current_xlim[0]) / 2
615.                 new_xlim = (self.current_xlim[0] - shift_amount,
self.current_xlim[1] - shift_amount)
616.                 self.ax.set_xlim(new_xlim)

```

```
617.         self.canvas.draw()
618.         self.current_xlim = new_xlim
619.
620.     def navigate_right(self):
621.         if self.current_xlim:
622.             shift_amount = (self.current_xlim[1] -
self.current_xlim[0]) / 2
623.             new_xlim = (self.current_xlim[0] + shift_amount,
self.current_xlim[1] + shift_amount)
624.             self.ax.set_xlim(new_xlim)
625.             self.canvas.draw()
626.             self.current_xlim = new_xlim
627.
628.     def cerrar_app(self):
629.         self.master.destroy()
630.
631.
632. if __name__ == "__main__":
633.     root = Tk()
634.     app = BApp(root)
635.     root.mainloop()
636.
637.
```

Anexo E. Uso de Auto-Py-To-Exe

Auto-py-to-exe es un paquete de Python el cual simplifica el trabajo de PyInstaller, esto es transformar un código de Python a un ejecutable, eliminando la necesidad de tener que correr el código cada vez que se quiera utilizar la aplicación, para utilizarse en el ambiente de anaconda, primero se debe abrir la consola de comandos, en el caso de anaconda llamado “anaconda prompt”, como se ve en la figura 6.3.

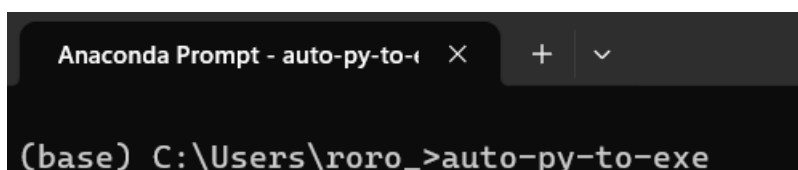


Figura E.1. Llamado a auto-py-to-exe por consola de comandos.

Al ejecutar el comando, se abrirá una interfaz simple de entender y navegar, en donde para iniciar el proceso se debe elegir la ubicación del archivo .Py, luego, para el caso de nuestra aplicación, se elegirán las opciones de “one file” y “window based”, que convierte el código a un archivo y utilizando una ventana en vez de la consola de comandos, finalmente se apretara el botón de “convert .Py to .Exe” para empezar a generar el ejecutable, esto se puede ver en la figura 6.4.

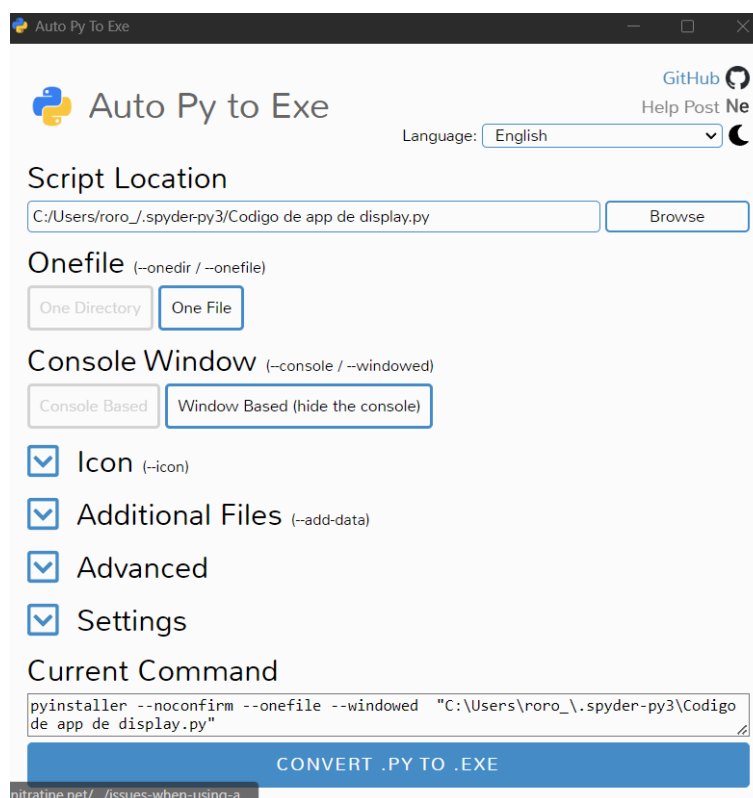


Figura E.2. Interfaz de Auto-py-to-exe y configuración optima.

Finalmente, al terminar el proceso de conversión, mostrara dos opciones, la opción “Clear output” que borra todo lo hecho y permite crear otra aplicación, y la opción “Open output folder”, la cual nos permite abrir la carpeta en donde se guardo el ejecutable y moverlo a la carpeta que necesitemos, quedando así solo un archivo con el código listo para ser utilizado, como se ve en la figura 6.5.

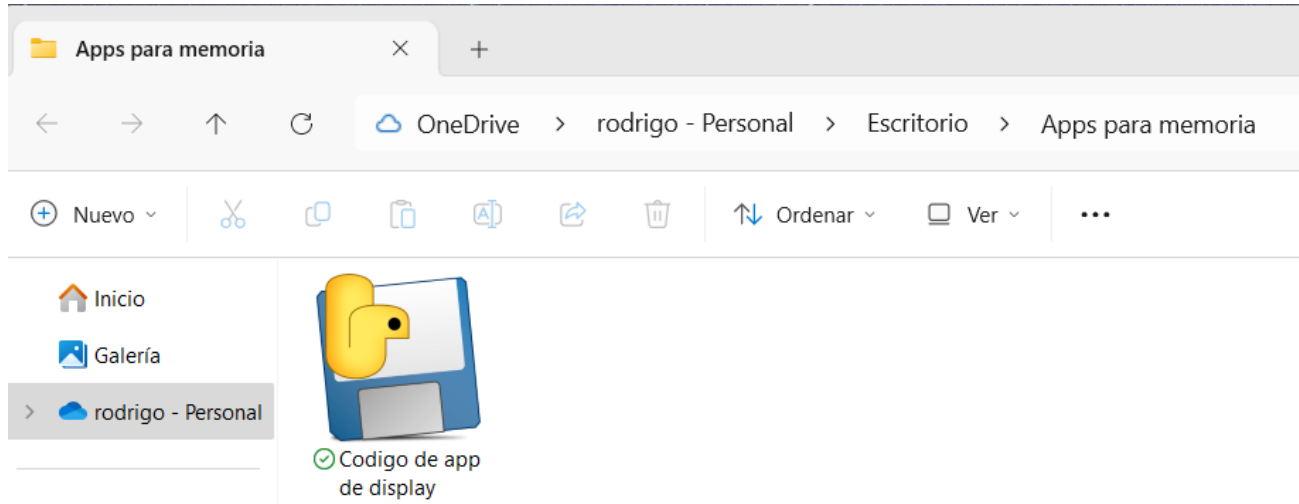


Figura E.3. Archivo ejecutable creado.

Anexo F. Informe Pdf Generado por aplicación de visualización

Informe de Presión Arterial de Maria Maria

Promedio Presión Sistólica: 119.21 mmHg

Desviación Estándar Sistólica: 21.54 mmHg

Máxima Presión Sistólica: 160 mmHg

Mínima Presión Sistólica: 90 mmHg

Mediana Presión Sistólica: 120.0 mmHg

El 31.58% de los registros de presión sistólica presentan valores de hipertensión

Promedio Presión Diastólica: 79.16 mmHg

Desviación Estándar Diastólica: 23.48 mmHg

Máxima Presión Diastólica: 132 mmHg

Mínima Presión Diastólica: 42 mmHg

Mediana Presión Diastólica: 75.0 mmHg

El 36.84% de los registros de presión diastólica presentan valores de hipertensión

Figura F.1. Primera página de informe generado

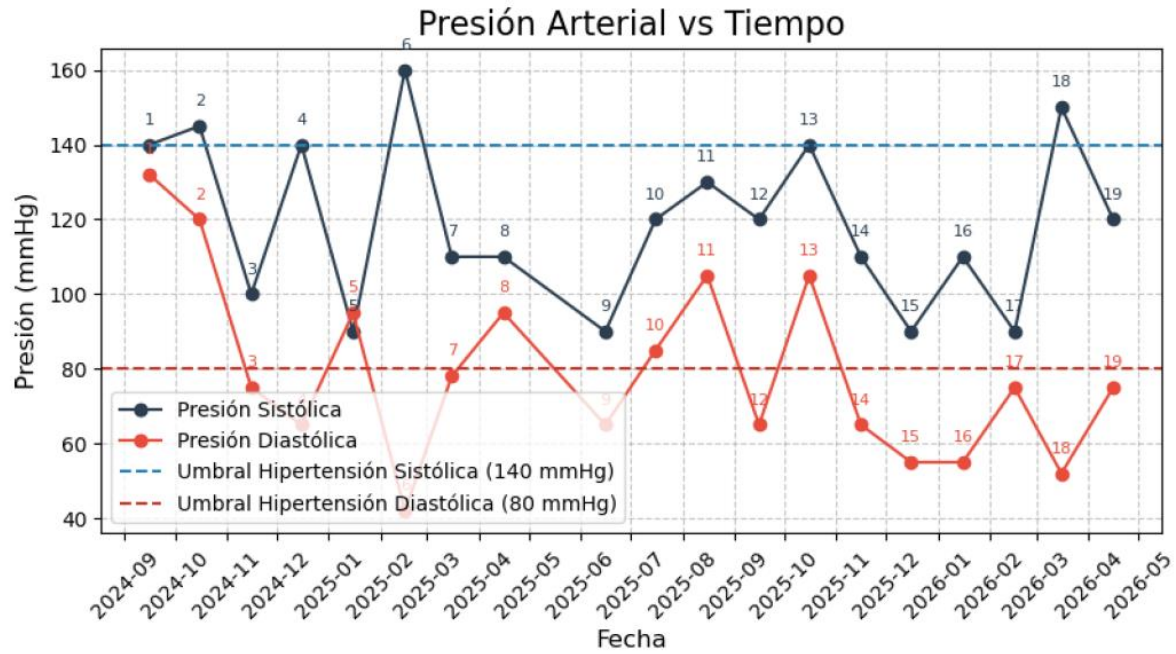


Figura F.2. Segunda página de informe generado.

Registros de Presión Arterial por Mes:**September 2024**

2024-09-15 18:04:28 - Sistólica: 140 mmHg, Diastólica: 132 mmHg

October 2024

2024-10-15 18:04:35 - Sistólica: 145 mmHg, Diastólica: 120 mmHg

November 2024

2024-11-15 18:04:47 - Sistólica: 100 mmHg, Diastólica: 75 mmHg

December 2024

2024-12-15 18:04:47 - Sistólica: 140 mmHg, Diastólica: 65 mmHg

January 2025

2025-01-15 18:04:47 - Sistólica: 90 mmHg, Diastólica: 95 mmHg

February 2025

2025-02-15 18:04:47 - Sistólica: 160 mmHg, Diastólica: 42 mmHg

March 2025

2025-03-15 18:04:47 - Sistólica: 110 mmHg, Diastólica: 78 mmHg

April 2025

2025-04-15 18:04:47 - Sistólica: 110 mmHg, Diastólica: 95 mmHg

June 2025

2025-06-15 18:04:47 - Sistólica: 90 mmHg, Diastólica: 65 mmHg

July 2025

2025-07-15 18:04:47 - Sistólica: 120 mmHg, Diastólica: 85 mmHg

Figura F.3. Tercera página de informe generado.

Anexo G. Proceso de conversión de archivo .CSV a .TXT para registro Omron

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Fecha de la medición,"Huso horario","SYS(mmHg)","DIA(mmHg)","Pulse(bpm)","Se ha detectado latido arritmico","Recuento detectado LA(veces)","Movimiento corporal","Guía de ajuste del manguito","Indicador de posición","temperatura ambiente"											
2	2024/04/30 13:50,"America/Santiago","109","79","89",,,,,,,,"HEM-7122"											
3	2024/04/30 22:28,"America/Santiago","112","77","67",,,,,,,,"HEM-7122"											
4	2024/04/30 22:30,"America/Santiago","117","71","66",,,,,,,,"HEM-7122"											
5	2024/05/01 10:23,"America/Santiago","103","70","79",,,,,,,,"HEM-7122"											
6	2024/05/01 10:25,"America/Santiago","100","69","63",,,,,,,,"HEM-7122"											
7	2024/05/01 15:35,"America/Santiago","111","69","68",,,,,,,,"HEM-7122"											
8	2024/05/01 22:11,"America/Santiago","110","74","62",,,,,,,,"HEM-7122"											
9	2024/05/01 22:14,"America/Santiago","109","70","61",,,,,,,,"HEM-7122"											
10	2024/05/02 10:20,"America/Santiago","114","74","74",,,,,,,,"HEM-7122"											
11	2024/05/02 10:23,"America/Santiago","109","75","76",,,,,,,,"HEM-7122"											
12	2024/05/02 15:51,"America/Santiago","120","80","73",,,,,,,,"HEM-7122"											
13	2024/05/02 22:36,"America/Santiago","171","75","70",,,,,,,,"HEM-7122"											
14	2024/05/02 22:38,"America/Santiago","112","72","64",,,,,,,,"HEM-7122"											
15	2024/05/03 11:32,"America/Santiago","102","72","76",,,,,,,,"HEM-7122"											
16	2024/05/03 11:33,"America/Santiago","103","70","72",,,,,,,,"HEM-7122"											
17	2024/05/03 18:09,"America/Santiago","117","72","76",,,,,,,,"HEM-7122"											
18	2024/05/03 22:28,"America/Santiago","119","80","73",,,,,,,,"HEM-7122"											
19	2024/05/03 22:29,"America/Santiago","114","81","72",,,,,,,,"HEM-7122"											
20	2024/05/04 12:52,"America/Santiago","116","69","79",,,,,,,,"HEM-7122"											
21	2024/05/04 12:53,"America/Santiago","112","63","78",,,,,,,,"HEM-7122"											
22	2024/05/04 17:59,"America/Santiago","127","69","76",,,,,,,,"HEM-7122"											
23	2024/05/04 22:20,"America/Santiago","116","69","77",,,,,,,,"HEM-7122"											
24	2024/05/04 22:21,"America/Santiago","113","72","70",,,,,,,,"HEM-7122"											
25	2024/05/05 10:51,"America/Santiago","113","73","71",,,,,,,,"HEM-7122"											
26	2024/05/05 10:53,"America/Santiago","111","71","72",,,,,,,,"HEM-7122"											
27	2024/05/05 17:40,"America/Santiago","100","72","75",,,,,,,,"HEM-7122"											

Figura G.1. Vista de archivo .csv en Excel de aplicación Omron Connect

En la figura 6.9 , se puede ver como aparecen los archivos Omron al ser descargados y abiertos mediante Excel, en donde no existe una visualización amigable o clara de los valores, lo que se buscó con la aplicación de visualización era ordenar todos los valores de forma clara y sencilla para su estudio, pero para lograr eso con estos archivos primero se tuvo que hacer la conversión.

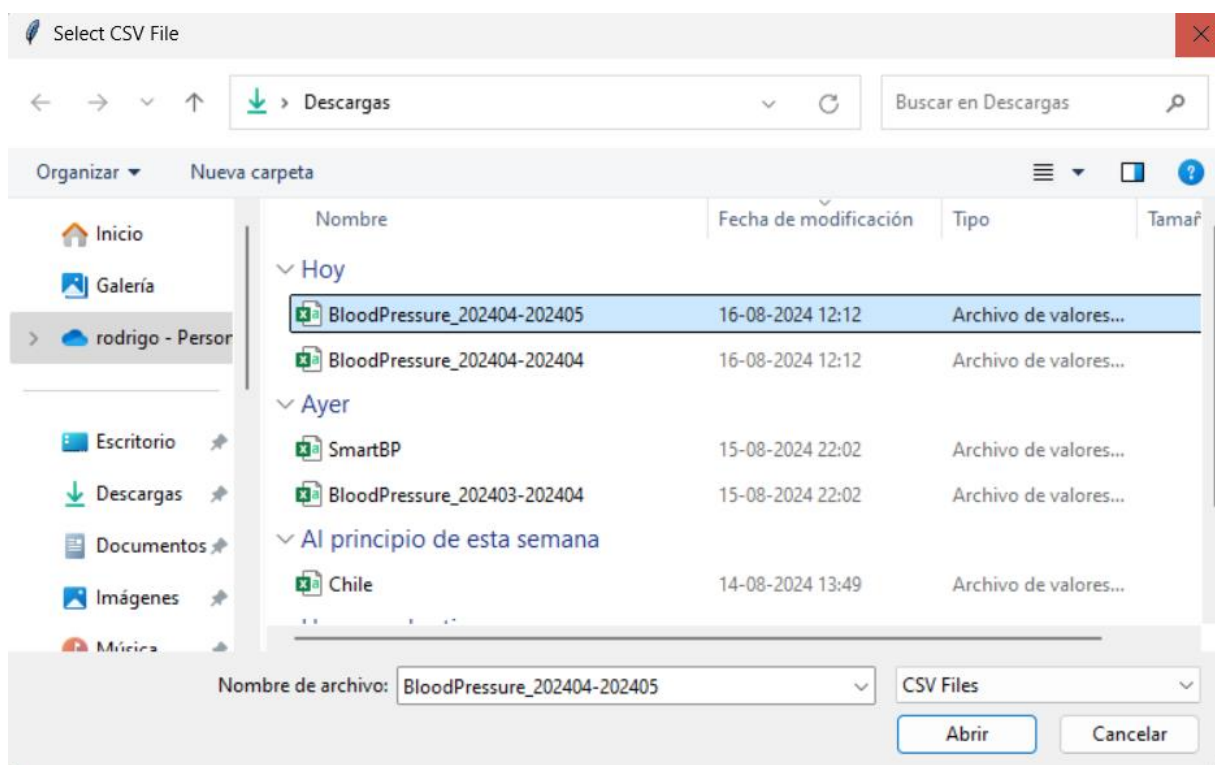


Figura G.2. Selección de archivo .csv Omron

Se elige el archivo a transformar, como en la figura 6.10, solo se permiten buscar archivos que sean .Csv, y es fácil distinguir el archivo de cada aplicación gracias al nombre de estos.

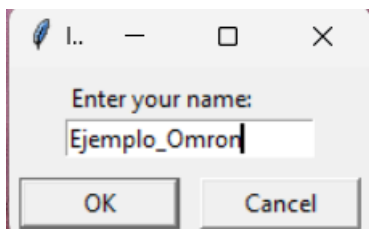


Figura G.3. Ingreso de nombre de paciente para el archivo.

Una vez elegido el archivo, la aplicación te pide ingresar el nombre del paciente, como en la figura 6.11, el cual debería aparecer en el correo electrónico al enviarse, una vez puesto el nombre se selecciona Ok y el archivo queda guardado en la misma carpeta del archivo original, la ruta de la carpeta es también mostrada en el mensaje, como se muestra en la figura 6.12.

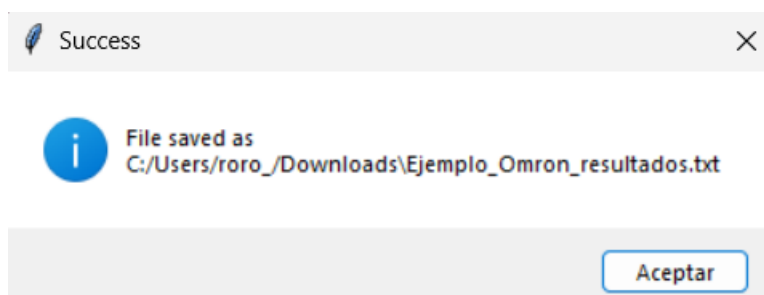


Figura G.4. Dirección de guardado de nuevo archivo en formato .txt

Finalmente se puede ver el resultado final de la conversión en la figura 6.13, como se puede claramente apreciar, los valores se pueden visualizar más claramente, pero navegar por estas mediciones puede ser tedioso debido a que no existe la capacidad de encontrar una en específico, por ello, es óptimo que también se trabaje en conjunto con la aplicación de visualización, la cual permite una navegación y visualización muy simplificada, manteniendo la facilidad del acceso a los datos, e incluyendo funciones extra que el solo revisar el archivo de texto no presentaría.

Fecha y Hora: 2024-04-30 13:50:00
Método: Detección Automática
Presión Sistólica: 109 mmHg
Presión Diastólica: 79 mmHg
Pulso: 89

Fecha y Hora: 2024-04-30 22:28:00
Método: Detección Automática
Presión Sistólica: 112 mmHg
Presión Diastólica: 77 mmHg
Pulso: 67

Fecha y Hora: 2024-04-30 22:30:00
Método: Detección Automática
Presión Sistólica: 117 mmHg
Presión Diastólica: 71 mmHg
Pulso: 66

Fecha y Hora: 2024-05-01 10:23:00
Método: Detección Automática
Presión Sistólica: 103 mmHg
Presión Diastólica: 70 mmHg
Pulso: 79

Figura G.5. Archivo transformado a formato .txt

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION – FACULTAD DE INGENIERIA
RESUMEN DE MEMORIA DE TITULO

Departamento	: Departamento de Ingeniería Eléctrica
Carrera	: Ingeniería Civil Biomédica
Nombre del memorista	: Rodrigo Andrés Espinoza Mundaca
Título de la memoria	: Evaluación de alternativas tecnológicas para el telemonitoreo de hipertensión arterial
Fecha de la presentación oral	: 23/09/2024
Profesor(es) Guía	: Esteban Pino
Profesor(es) Revisor(es)	: Pamela Guevara, Dr. Carlos Zúñiga
Concepto	:
Calificación	:

Resumen

Este trabajo aborda la implementación de herramientas para el telemonitoreo de presión arterial en el país, evaluando la eficacia de equipos digitales de medición y aplicaciones móviles capaces de registrar, almacenar, analizar y enviar datos de presión a profesionales de la salud. Se seleccionaron los equipos “Omron Hem-7122” y “Braun Exacfit 1”, junto con las aplicaciones “Omron Connect” y “SmartBp”, que fueron utilizadas en un programa de automedición de presión sanguínea (SMBP). Durante un estudio práctico de dos meses, voluntarios de la Universidad de Concepción evaluaron estas herramientas. Basado en sus comentarios y en reuniones con profesionales de la salud, se desarrollaron aplicaciones adicionales para la detección automática de registros mediante OCR y la visualización de datos, mejorando la accesibilidad y funcionalidad de los sistemas existentes. Los resultados mostraron que las herramientas evaluadas son adecuadas para el telemonitoreo de la presión arterial, destacando la facilidad de uso de Omron Connect y las funciones avanzadas de SmartBp. Se concluyó que es viable implementar la telemedicina para el monitoreo de presión arterial en el país, donde es posible desarrollar soluciones personalizadas, sean herramientas o aplicaciones, que simplifican y facilitan el proceso tanto para pacientes como para profesionales.