

UNIVERSIDAD
DE



VALLADOLID

E.T.S.I. TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE
TELECOMUNICACIÓN

MENCIÓN EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

Desarrollo y evaluación de una app móvil para el seguimiento y control de pacientes con diabetes tipo 2

Autor:

David Martín Morales

Tutor:

Isabel de la Torre Díez

Valladolid, 21 de Julio de 2017

TÍTULO: Desarrollo y evaluación de una app móvil para el seguimiento y control de pacientes con diabetes tipo 2
AUTOR: David Martín Morales
TUTOR: Isabel de la Torre Díez
DEPARTAMENTO: Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática

TRIBUNAL

PRESIDENTE: Miguel López-Coronado
VOCAL: Beatriz Sainz de Abajo
SECRETARIO: Isabel de la Torre Díez
SUPLENTE: Carlos Gómez Peña
SUPLENTE: Salvador Dueñas Carazo

FECHA: 21 de Julio de 2017
CALIFICACIÓN:

Resumen del Proyecto

La diabetes mellitus tipo 2 (DM 2) es un conjunto de trastornos metabólicos que se caracteriza por un aumento de la glucosa en sangre. El manejo y progresión de la diabetes está ligada a la conducta de los pacientes, ya que para controlar sus niveles de glucemia deben realizar una actividad física de forma regular, controlar la dieta y el peso, y si fuera necesario utilizar medicación.

Está comprobado que las TICs aplicadas a los pacientes con diabetes mejoran el control metabólico y proporcionan una mayor autonomía al diabético y esto se refleja con un aumento de la calidad de vida del paciente. Hoy en día la proliferación de los dispositivos móviles ha llevado a la existencia de millones de apps relativas a la mhealth o msalud. Entre las ventajas de este tipo de apps cabe destacar el manejo de las propias enfermedades por el paciente. Es la diabetes, una de las enfermedades crónicas que afectan a un mayor número de pacientes y a través de los dispositivos móviles su control puede ser más riguroso.

En este TFG se pretende crear una app móvil en Android para el seguimiento y control de los pacientes con DM 2, después de llevar a cabo un exhaustivo análisis del estado del arte relativo a este tipo de apps en las tiendas virtuales más importantes.

Palabras claves

Android, aplicaciones móviles, diabetes, autocontrol, paciente.

Abstract

Diabetes mellitus type 2 is a set of metabolic disorders characterized by an increase of blood glucose. The management and progression of diabetes is linked to the behaviour of the patients, since to control their blood glucose levels they must perform a regular physical activity, control diet and weight, and if necessary use medication.

It is proven that the ICTs applied to patients with diabetes improve metabolic control and provide greater autonomy to the diabetic patient and this is reflected with an increase of the quality of life of the patient. Today the proliferation of mobile devices has led to the existence of millions of apps relating to mhealth or msalud. Among the advantages of this type of applications is the management of the patient's own diseases. It's diabetes, one of the chronic diseases that affect a greater number of patients and through the mobile devices their control can be more rigorous.

In this End of degree work is intended to create an Android mobile app for monitoring and control of patients with Diabetes mellitus type 2, after carrying out a thorough analysis of the state of the art related to these types of apps in the most important virtual stores.

Key words

Android, mobile applications, diabetes, self-control, patient.

Índice

Resumen del Proyecto.....	1
Palabras claves	1
Abstract	2
Key words	2
Índice.....	3
Índice de figuras	6
Índice de tablas.....	7
1. Introducción	8
2. Diabetes tipo II.....	10
2.1. ¿Qué es la diabetes?	10
2.2. Factores de riesgo.....	10
2.3. Prevención.....	11
2.4. Diagnóstico y tratamiento	11
2.5. Complicaciones	11
3. Estado del arte sobre aplicaciones para control y seguimiento de diabetes tipo 2.....	13
3.1. Diabetes: M.	14
3.2. OnTrack Diabetes.....	15
3.3. Diabetes Tracker.	16
3.4. Diabetes – Diario de glucosa.....	17
3.5. Diario de diabetes mySugr.	18
3.6. Mi Glycemia: diabetes libro.	19
3.7. Diabetes Diario.....	20
3.8. Diabetes monitor.	21
3.9. Glucose Buddy: Diabetes Log.....	22
3.10. Diabetes Metrics.....	23
3.11. Dottli: La diabetes fácil.	24
3.12. Glucosio: Medidor de diabetes.....	25
3.13. Blood Glucose Tracker.....	26
3.14. Diapp – Diabetes Diario.....	27
3.15. Mánager de glucosa.....	28
3.16. My Diabetes Diary.	29
3.17. Glucose Tracker.	30
4. Desarrollo de la aplicación móvil	31
4.1. Metodología	31
4.2. Sistema Operativo - Android.....	31
4.2.1. ¿Qué es Android?	31
4.2.2. ¿Por qué elegir Android?.....	32
4.2.3. Libertad	32

4.2.4.	Historia.....	33
4.2.5.	Google en los teléfonos móviles	33
4.2.6.	Arquitectura.....	33
4.3.	Lenguaje de programación – C#	35
4.3.1.	Lenguaje.....	36
4.3.2.	Arquitectura.....	36
4.4.	Plataforma de desarrollo - Xamarin	38
4.5.	IDE (Integrated development environment) – Visual Studio.....	39
4.6.	Sistema de gestión de bases de datos - SQLite	39
4.7.	Funcionalidades.....	40
4.7.1.	Registro e identificación.....	40
4.7.2.	Guardado de anotaciones	40
4.7.3.	Visualización gráfica.....	40
4.7.4.	Historial.....	40
4.7.5.	Notificación de recordatorio.....	40
4.8.	Diagrama de flujo.....	41
4.8.1.	Inicio de sesión.....	41
4.8.2.	Menú principal	41
4.8.3.	Nuevo Registro.....	41
4.8.4.	Resultados gráficos	41
4.8.5.	Historiales.....	43
5.	Aplicación final.....	44
5.1.	Pantalla de bienvenida.....	44
5.2.	Identificación.....	44
5.3.	Página principal.....	45
5.4.	Nuevo Registro.....	46
5.4.1.	Glucosa.....	46
5.4.2.	HbA1c	47
5.4.3.	Presión arterial.....	47
5.4.4.	Alimentación	47
5.4.5.	Ejercicio	47
5.5.	Resultados Gráficos.....	48
5.5.1.	Glucosa.....	49
5.5.2.	HbA1c	49
5.5.3.	Presión arterial.....	51
5.6.	Historial.....	51
5.6.1.	Glucosa.....	51
5.6.2.	HbA1c	51
5.6.3.	Presión arterial.....	52

5.6.4. Alimentación	52
5.6.5. Ejercicio	52
5.7. Alarma recordatorio	54
5.8. Preferencias	54
6. Análisis técnico.....	56
6.1. Resultados Samsung Galaxy S3 Mini	56
6.2. Resultados BQ Aquaris M5.....	56
6.3. Conclusiones	56
7. Glosario.....	58
8. Referencias.....	59

Índice de figuras

Figura 1: Capturas de pantalla Diabetes M.	14
Figura 2: Capturas de pantalla OnTrack Diabetes.....	15
Figura 3: Capturas de pantalla Diabetes Tracker.	16
Figura 4: Capturas de pantalla Diabetes - Diario de glucosa	17
Figura 5: Capturas de pantalla Diario de diabetes mySugr.	18
Figura 6: Capturas de pantalla Mi Glycemia: diabetes libro.....	19
Figura 7: Capturas de pantalla Diabetes Diario.....	20
Figura 8: Capturas de pantalla Diabetes monitor	21
Figura 9: Capturas de pantalla Glucose Buddy: Diabetes Log.....	22
Figura 10: Capturas de pantalla Diabetes Metrics.....	23
Figura 11: Capturas de pantalla Glucosio: Medidor de diabetes.....	25
Figura 12: Capturas de pantalla Blood Glucose Tracker	26
Figura 13: Capturas de pantalla Diapp - Diabetes diario	27
Figura 14: Capturas de pantalla Mánager de glucosa.....	28
Figura 15: Capturas de pantalla My Diabetes Diary	29
Figura 16: Capturas de pantalla Glucose Tracker	30
Figura 17: Características de Android.....	32
Figura 18: Arquitectura de Android	35
Figura 19: Flujo de un proyecto C#	37
Figura 20: Diagrama de flujo. Parte 1: Inicio de sesión.....	41
Figura 21: Diagrama de flujo. Parte 2: Menú principal	42
Figura 22: Diagrama de flujo. Parte 3: Nuevo Registro.....	42
Figura 23: Diagrama de flujo: Parte 4: Registros gráficos	43
Figura 24: Diagrama de flujo: Parte 5: Historial.....	43
Figura 25: Pantalla de bienvenida	44
Figura 26: Pantalla de inicio de sesión.....	45
Figura 27: Pantalla de registro de usuario	45
Figura 28: Pantalla principal	46
Figura 29: Pantalla de nuevo registro.....	46
Figura 30: Pantalla de nuevo registro de glucosa.....	47
Figura 31: Pantalla de nuevo registro de HbA1c	47
Figura 32: Pantalla de nuevo registro de presión arterial	48
Figura 33: Pantalla de nuevo registro de alimentación	48
Figura 34: Pantalla nuevo registro de alimentación	48
Figura 35: Pantalla de historiales gráficos	48
Figura 36: Pantalla de advertencia - No existen registros	49
Figura 37: Diagrama de glucosa - mMol/L.....	50
Figura 38: Diagrama de glucosa - mg/dL.....	50
Figura 39: Diagrama HbA1c - Porcentaje.....	50
Figura 40: Diagrama HbA1c - mMol/Mol	50
Figura 41: Diagrama presión arterial	51
Figura 42: Pantalla historiales	51
Figura 43: Pantalla historial glucosa	52
Figura 44: Pantalla historial HbA1c.....	52
Figura 45: Pantalla historial presión arterial	53
Figura 46: Pantalla historial alimentación.....	53

Figura 47: Pantalla historial ejercicio.....	53
Figura 48: Pantalla alarma desactivada.....	54
Figura 49: Pantalla alarma activada	54
Figura 50: Pantalla preferencias.....	55
Figura 51: Ventana emergente preferencias	55

Índice de tablas

Tabla 1: Resultados Análisis - Dispositivo Samsung Galaxy S3 Mini.	56
Tabla 2: Resultados Analisis - Dispositivo BQ Aquarios M5.....	56

1. Introducción

La diabetes tipo 2 es un trastorno metabólico cuya principal característica es el alto nivel de azúcar (glucosa) en sangre, provocado por la resistencia a la insulina. La diabetes es una enfermedad crónica por lo que es imprescindible un seguimiento periódico del paciente para evaluar el estado de la enfermedad, la eficacia del tratamiento y prevenir las complicaciones. [1]

Los análisis que un médico realiza a un paciente como forma de control rutinaria pueden hacerse hoy en día por el propio paciente de una forma sencilla mediante los respectivos aparatos de medición, es por esto que el paciente puede llevar su propio autocontrol y así poder realizar cambios en su rutina, en su dosis de insulina o en su dieta, y en caso excepcional consultar a su especialista.

El seguimiento que hace un médico tiene como fin mantener al paciente en los niveles más cercanos posibles al rango normal para llevar una vida sana y activa, para ello se realizan controles principalmente de dos parámetros: glucosa y HbA1c, además de la presión arterial, el ejercicio y la alimentación. [35] [36]

- **Glucosa:** Es una prueba rápida y sencilla, y está demostrado que las personas que la hacen controlan mejor su enfermedad que las personas que no. En este examen la persona se pincha el dedo con una lanceta para obtener una muestra de sangre, que pone posteriormente sobre una tira reactiva; luego la tira se inserta en un aparato llamado glucómetro y éste enseña el nivel de glucosa que tiene la muestra. La frecuencia y hora del día a la que debes monitorearte depende de los medicamentos que estés recibiendo, del horario de las comidas y del grado de control que estén buscando
- **HbA1c:** Este examen refleja qué tan controlada está la enfermedad y, por ende, qué tanta adherencia ha tenido una persona a su tratamiento. La hemoglobina glicosilada es la prueba estándar para el seguimiento del paciente con diabetes, pues es un reflejo del comportamiento de la glicemia en los últimos tres meses, así que el tiempo aproximado que debe transcurrir entre una prueba y otra es de entre dos y tres meses, para que tanto como paciente médico, estén al tanto del estado de la enfermedad. [35] Hoy en día esta prueba (que generalmente se realiza en laboratorio) puede realizarse mediante un aparato personal en casa y así realizar las mediciones más frecuentemente. [37]
- **Presión arterial:** La hipertensión arterial empeora y acelera el daño que la diabetes ejerce sobre las arterias, lo que da lugar a que las personas hipertensas y diabéticas sufran con mayor frecuencia, infarto de miocardio, insuficiencia renal, accidentes vasculares cerebrales (trombosis), enfermedad vascular periférica, etc. Estas complicaciones pueden ser evitadas o al menos atenuadas si se consigue un control adecuado de ambas enfermedades. Las pruebas de presión arterial pueden realizarse personalmente con un aparato llamado tensiómetro. [38]
- **Ejercicio:** El ejercicio es una parte importante del manejo de la diabetes, ya que puede ayudar a bajar el azúcar en la sangre sin medicamentos y reduce el riesgo de cardiopatía y estrés. Antes de comenzar con rutinas de ejercicio es necesario consultar al médico.

- Alimentación: El azúcar es el responsable principal del nivel de glucosa en sangre, por ello una alimentación sana ayuda a mantener el azúcar de la sangre en un nivel adecuado. Es una parte fundamental del manejo de la diabetes, ya que controlando el azúcar en la sangre (glucemia) se pueden prevenir las complicaciones de la diabetes.

Para lograr un control riguroso de la diabetes (los niños no deben someterse a este tipo de control), el paciente debe prestar más atención a su dieta y al ejercicio físico y medir sus niveles de glucosa en la sangre con mayor frecuencia, en este punto es donde entran en escena las nuevas tecnologías, las cuáles actualmente pueden utilizarse para infinidad de utilidades. En este caso hablamos de la posibilidad de utilizar dispositivos móviles como herramientas de seguimiento y monitoreo de pacientes que les permitirá disponer (y actualizar) de sus datos en cualquier momento y en cualquier lugar.

En este Trabajo de Fin de Grado (TFG) tiene por tanto como fin el desarrollo una aplicación móvil que sirva de utilidad a pacientes de diabetes de tipo 2 para llevar su propio seguimiento de la enfermedad con los siguientes objetivos:

- Facilitar el autocontrol de su enfermedad.
- Facilitar la convivencia del paciente con su enfermedad.
- Mejorar y agilizar la comunicación paciente – médico.
- Realizar un diseño sencillo e intuitivo que facilite el manejo de la aplicación.

Esta aplicación móvil se ha desarrollado para uno de los principales sistemas operativos en dispositivos móviles como es Android y se ha utilizado el lenguaje de programación C#. Para llevar a cabo este desarrollo se ha utilizado la plataforma de desarrollo Xamarin, que permite interpretar el código C# y convertirlo al lenguaje de desarrollo principal de Android, Java, además del IDE Visual Studio. Para el almacenamiento de los datos introducidos por el usuario se ha utilizado el sistema de gestión de base de datos SQLite que permite almacenar los datos en la memoria interna del dispositivo.

2. Diabetes tipo II

2.1. ¿Qué es la diabetes?

La diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no es capaz de producir insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce. La insulina es una hormona producida por el páncreas que regula el azúcar en la sangre actuando como una llave para permitir que la glucosa de los alimentos que comemos pase de la corriente de sangre a las células del cuerpo para producir energía. No ser capaz de producir insulina o de usarla de manera efectiva conduce a niveles elevados de glucosa en la sangre, que se conoce como hiperglucemia, que con el tiempo daña gravemente muchos órganos y sistemas, especialmente los nervios y los vasos sanguíneos.

La diabetes de tipo 2 (también llamada no insulino dependiente o de inicio en la edad adulta) se debe a una utilización ineficaz de la insulina. Este tipo representa la mayoría de los casos mundiales y se caracteriza por la resistencia a la insulina y la deficiencia relativa de insulina, cualquiera o ambos de los cuales pueden estar presentes en el momento en que se diagnostica la diabetes. Se debe en gran medida a un peso corporal excesivo y a la inactividad física. Los síntomas pueden ser similares a los de la diabetes de tipo 1, pero a menudo menos intensos. En consecuencia, la enfermedad puede permanecer sin ser detectada durante muchos años y diagnosticarse solo cuando ya tiene varios años de evolución y han aparecido complicaciones o se realiza una prueba rutinaria de glucosa en sangre u orina. Hasta hace poco, este tipo de diabetes solo se observaba en adultos, pero en la actualidad también se está manifestando en niños. [1] [2]

2.2. Factores de riesgo

Una serie de factores de riesgo se han asociado con la diabetes tipo 2 e incluyen:

- Antecedentes familiares de diabetes.
- Exceso de peso.
- Dieta no saludable.
- Inactividad física.
- Aumento de la edad.
- Alta presión sanguínea.
- Etnia.
- Tolerancia alterada a la glucosa (IGT - Impaired glucose tolerance).

Los cambios en la dieta y la actividad física relacionados con el rápido desarrollo y la urbanización han llevado a un fuerte aumento en el número de personas que desarrollan diabetes. Consecuencias Con el tiempo, la diabetes puede dañar el corazón, los vasos sanguíneos, ojos, riñones y nervios:

- Los adultos con diabetes tienen un riesgo 2 a 3 veces mayor de infarto de miocardio y accidente cerebrovascular.
- La neuropatía de los pies combinada con la reducción del flujo sanguíneo incrementa el riesgo de úlceras de los pies, infección y, en última instancia, amputación.
- La retinopatía diabética es una causa importante de ceguera y es la consecuencia del daño de los pequeños vasos sanguíneos de la retina que se va acumulando a lo largo del tiempo. El 2,6% de los casos mundiales de ceguera es consecuencia de la diabetes.
- La diabetes se encuentra entre las principales causas de insuficiencia renal.

2.3. Prevención

Los factores más influyentes para el desarrollo de diabetes tipo 2 son los comportamientos de estilo de vida modernos comúnmente asociados con el sedentarismo y la urbanización como son la inactividad física y el consumo de alimentos procesados (alimentos con un alto contenido de grasa, bebidas azucaradas y carbohidratos altamente refinados). En conjunto, estos comportamientos se asocian con un mayor riesgo de sobrepeso u obesidad y el desarrollo de diabetes tipo 2.

Se ha demostrado que medidas simples relacionadas con el estilo de vida son eficaces para prevenir la diabetes de tipo 2 o retrasar su aparición. Para ayudar a prevenir la diabetes de tipo 2 y sus complicaciones se debe:

- Alcanzar y mantener un peso corporal saludable.
- Mantenerse activo físicamente: al menos 30 minutos de actividad regular de intensidad moderada la mayoría de los días de la semana; para controlar el peso puede ser necesaria una actividad más intensa.
- Consumir una dieta saludable, que evite el azúcar y las grasas saturadas.
- Evitar el consumo de tabaco, puesto que aumenta el riesgo de sufrir diabetes y enfermedades cardiovasculares.

2.4. Diagnóstico y tratamiento

El diagnóstico se puede establecer tempranamente con análisis de sangre relativamente baratos. El tratamiento de la diabetes consiste en una dieta saludable y actividad física, junto con la reducción de la glucemia y de otros factores de riesgo conocidos que dañan los vasos sanguíneos. Para evitar las complicaciones también es importante dejar de fumar.

Entre las intervenciones que son factibles y económicas en los países en desarrollo se encuentran:

- El control de la glucemia, en particular en las personas que padecen diabetes de tipo 1. Los pacientes con diabetes de tipo 1 necesitan insulina y los pacientes con diabetes de tipo 2 pueden tratarse con medicamentos orales, aunque también pueden necesitar insulina.
- El control de la tensión arterial.
- Los cuidados podológicos.

Otras intervenciones económicas son:

- Las pruebas de detección de retinopatía (causa de ceguera).
- El control de los lípidos de la sangre (regulación de la concentración de colesterol).
- La detección de los signos tempranos de nefropatía relacionada con la diabetes.

2.5. Complicaciones

Las personas con diabetes tienen un mayor riesgo de desarrollar una serie de problemas de salud graves. Los niveles de glucosa en la sangre consistentemente altos pueden conducir a enfermedades graves que afectan al corazón y a los vasos sanguíneos, los ojos, los riñones, los nervios y los dientes. Además, las personas con diabetes también tienen un mayor riesgo de desarrollar infecciones. En casi todos los países de rentas altas, la diabetes es una de las principales causas de enfermedad cardiovascular, ceguera, insuficiencia renal y amputación de miembros inferiores.

- Enfermedad cardiovascular: afecta al corazón y los vasos sanguíneos y puede causar complicaciones fatales como enfermedad de las arterias coronarias (que conduce al ataque al corazón) y accidente cerebrovascular. Las enfermedades cardiovasculares son la causa más común de muerte en las personas con diabetes. La hipertensión arterial, el colesterol alto, la glucemia y otros factores de riesgo contribuyen a aumentar el riesgo de complicaciones cardiovasculares.
- Enfermedad renal (nefropatía diabética): causada por daño a los vasos sanguíneos pequeños en los riñones, lo que hace que los riñones sean menos eficientes o fallen por completo. La enfermedad renal es mucho más común en las personas con diabetes que en las personas sin diabetes. Mantener niveles casi normales de glucosa en sangre y presión arterial puede reducir en gran medida el riesgo de enfermedad renal.
- Enfermedad nerviosa (neuropatía diabética): la diabetes puede causar daño a los nervios en todo el cuerpo cuando la glucosa y la presión sanguínea son demasiado altas. Esto puede conducir a problemas con la digestión, disfunción eréctil y muchas otras funciones. Entre las áreas más comúnmente afectadas están las extremidades, en particular los pies. El daño nervioso en estas áreas se denomina neuropatía periférica, y puede provocar dolor, hormigueo y pérdida del sentimiento. La pérdida de sensibilidad es particularmente importante porque puede permitir que las lesiones pasen desapercibidas, lo que puede provocar infecciones graves y posibles amputaciones. Las personas con diabetes tienen un riesgo de amputación que puede ser más de 25 veces mayor que la de las personas sin diabetes. Sin embargo, con la gestión integral, una gran proporción de las amputaciones relacionadas con la diabetes se puede prevenir. Incluso cuando tiene lugar la amputación, la pierna restante y la vida de la persona pueden ser salvados por una buena atención de seguimiento de un equipo de pie multidisciplinario. Las personas con diabetes deben examinar regularmente sus pies.
- Enfermedad ocular (retinopatía diabética): la mayoría de las personas con diabetes desarrollará alguna forma de enfermedad ocular (retinopatía) que cause visión reducida o ceguera. Consistentemente altos niveles de glucosa en la sangre, junto con la presión arterial alta y colesterol alto, son las principales causas de la retinopatía. Se puede controlar a través de controles regulares de los ojos y mantener los niveles de glucosa y lípidos en o cerca de lo normal.
- Complicaciones del embarazo: Las mujeres con cualquier tipo de diabetes durante el embarazo corren el riesgo de una serie de complicaciones si no monitorean cuidadosamente y manejan su condición. Para prevenir posibles daños orgánicos al feto, las mujeres con diabetes tipo 1 o diabetes tipo 2 deben alcanzar los niveles de glucosa deseados antes de la concepción. Todas las mujeres con diabetes durante el embarazo, tipo 1, tipo 2 o gestacional deben esforzarse por alcanzar los niveles de glucosa en sangre objetivo para minimizar las complicaciones. Alto nivel de glucosa en la sangre durante el embarazo puede llevar al feto poniendo sobre el exceso de peso. Esto puede conducir a problemas en la entrega, traumatismo al niño y la madre, y una gota repentina en la glucosa de la sangre para el niño después del nacimiento. Los niños que están expuestos durante mucho tiempo a niveles altos de glucosa en la sangre en el útero están en mayor riesgo de desarrollar diabetes en el futuro.

3. Estado del arte sobre aplicaciones para control y seguimiento de diabetes tipo 2

El estado del arte de un proyecto es el estudio de la situación de una determinada tecnología en un área específica, que tiene como fin hacer una recopilación de ideas, conceptos u opiniones para aprender los conocimientos relevantes y generales de dicha área y así poder proponer nuevas soluciones, adaptar las ya existentes o tomar nuevas vías a través de lo que otros han aprendido en el pasado, es decir, utilizar el conocimiento generado anteriormente para poder avanzar.

En este caso el fin del estado del arte es conocer la situación en la que se encuentra la tecnología sobre aplicaciones móviles en el ámbito del seguimiento de la enfermedad de los pacientes de la diabetes tipo 2 y así poder extraer las necesidades tecnológicas y encontrar una solución que pueda satisfacerlas. [4][5]

Para la realización de este estado del arte se ha desarrollado un estudio de las principales aplicaciones (gratuitas) disponibles en la plataforma Google Play de Android. Con este estudio se ha podido extraer una conclusión principal: la disponibilidad de aplicaciones en el mercado es amplia, pero la mayoría de estas aplicaciones no aún las principales necesidades que deberían cubrir:

- Sencillez: Como ya se ha resaltado antes, la mayoría de las personas que sufren esta enfermedad son personas mayores por lo que es esencial que la aplicación sea sencilla y no requiera un gran esfuerzo conocer sus características.
- Facilidad de uso: Por la anterior razón también hay que destacar que la aplicación no debe ser sólo sencilla, sino que también debe ser fácil de usar.
- Disponibilidad de idiomas: Lógicamente es imprescindible para el paciente que la aplicación esté disponible en su idioma.
- Interfaz amigable: Una interfaz con botones grandes, textos con letra grande e iconos descriptivos facilita el uso de la aplicación.
- Configuración personal: Por último, es una buena opción que la aplicación disponga de un sistema de identificación mediante usuarios (si se quiere utilizar para más de un paciente o se desea proteger con contraseña) y una configuración de unidades de medida para los parámetros a seguir.

Con toda esta información se procede a diseñar la aplicación intentando reunir las necesidades señaladas en la medida de la posible.

Las aplicaciones estudiadas se mencionan a continuación, aportando una breve descripción con la información más reseñable.

3.1. Diabetes: M.

Desarrollador

Sirma Medical Systems.

Interfaz

Interfaz con iconos intuitivos y menús de fácil navegación. Permite aumentar el tamaño de fuente.

Facilidad de uso

Aplicación muy completa, pero a la vez compleja, aunque su interfaz permite facilitar su comprensión.

Configuración personal

Permite configurar parámetros como sexo, peso, altura, fecha de nacimiento y frecuencia de actividad física.

Se puede configurar la terapia del usuario según el tipo de tratamiento (tratamiento sin insulina, múltiples inyecciones diarias o bombas de insulina) y su precisión, ratio y sensibilidad; los rangos y objetivos de glucemia; y los medicamentos utilizados con diferentes marcas disponibles.

Funcionalidades

Dispone de: un registro para glucosa, insulina, nutrición, medicamentos, inyecciones y otras notas; una calculadora de carbohidratos e insulina; un gráfico de estadísticas; una base de datos de comida.

Permite generar informes y gráficos para revisión además de exportar e importar datos.

Idiomas disponibles

Dispone de idioma castellano e inglés además de una amplia variedad de idiomas.

Unidades de medida

Métrica: británica y europea.

Unidades de glucemia: mmol/L y mg/dL.

Ratio de CH: gramos, ración (10 y 15 gramos) y bread units (12 gramos).

Otros aspectos

Dispone de una página web con información y una guía de usuario (en inglés). Permite conectar con Android Wear smart. [18]

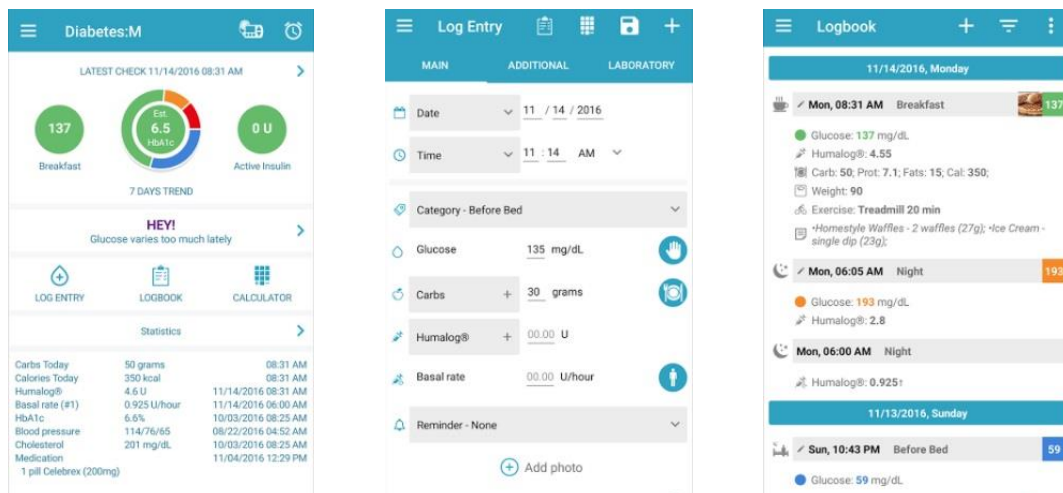


Figura 1: Capturas de pantalla Diabetes M.

3.2. OnTrack Diabetes.

Desarrollador

Medivo.

Interfaz

Dispone de un tamaño de fuente grande pero no es demasiado intuitivo además de que tiene algunos menús en inglés.

Facilidad de uso

La introducción de datos y el acceso a los registros y gráficos es sencillo, pero en cambio, la configuración y la personalización es más compleja de entender y realizar.

Configuración personal

Al iniciar la aplicación se configuran las unidades de medida y el rango visible de glucosa. Se permite personalizar los tipos de registros: momento del día, glucosa, alimento, ejercicio, medicación, peso, presión arterial, pulso, HbA1c y grasa corporal.

Funcionalidades

Incluye informes de registros, estadísticas de glucosa e informes de glucosa, alimentación y de subtipo por categoría. Se puede visualizar un histórico de los registros y gráficos de cada categoría. Permite realizar copia de seguridad de los datos en fichero .XML, restaurar copia y exportar datos.

Idiomas disponibles

Aplicación disponible en castellano, pero no en su totalidad (algunos títulos en inglés).

Unidades de medida

Métrica: británica y europea. Unidades de glucemia: mmol/L y mg/dL. HbA1c: DCCT (%) e IFCC (mmol/mol).

Otros aspectos

Dispone de un enlace web a preguntas frecuentes y un correo electrónico de soporte (en inglés). [19]

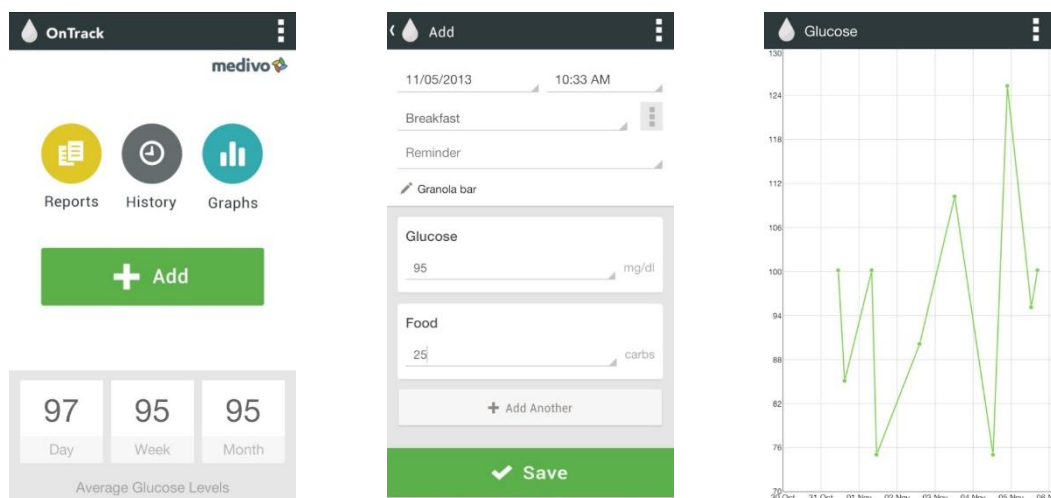


Figura 2: Capturas de pantalla OnTrack Diabetes

3.3. Diabetes Tracker.

Desarrollador

Mig Super

Interfaz

Dispone de botones grandes y con dibujos para ser más sencillo de entender.

Facilidad de uso

La interfaz hace que su uso sea más sencillo, pero la aplicación está totalmente en inglés.

Configuración personal

Al iniciar la aplicación se crea un perfil en el que se puede incluir edad, grupo sanguíneo, sexo, peso, altura, tipo de diabetes y dirección de correo electrónico.

Funcionalidades

Permite copias de seguridad de diferentes registros y duraciones.

Permite añadir registros de medidas de glucosa, inyección de medicinas, ingesta de alimentos, presión de sangre y ejercicio.

Incluye recordatorios que pueden asociarse a los registros.

Idiomas disponibles

Solo disponible en inglés.

Unidades de medida

Unidades de glucemia: mmol/L y mg/dL.

El resto de medidas no utilizan unidades si no que se introducen a mano, por ejemplo, 500 mg.

Otros aspectos

Dispone de la posibilidad de añadir un registro de una imagen dada, por ejemplo, por un médico.

Incluye un apartado de información sobre diabetes y otros aspectos relacionados. [20]



Figura 3: Capturas de pantalla Diabetes Tracker.

3.4. Diabetes – Diario de glucosa.

Desarrollador

Klimaszewski Szymon

Interfaz

Interfaz muy intuitiva y fácil de comprender.

Facilidad de uso

Aplicación muy sencilla ya que solo registra el nivel de glucosa y el peso.

Configuración personal

La única personalización es el peso del usuario, del que también se llevan estadísticas.

Funcionalidades

Permite registrar los niveles de glucosa añadiendo una descripción de cualquier tipo acción como el momento del día, ejercicio, etc. Además, incluye recordatorios y se pueden exportar e importar los datos.

Dispone de gráficos y estadísticas del peso y del nivel de glucosa.

Idiomas disponibles

Dispone de inglés y castellano además de varios idiomas más.

Unidades de medida

Peso: Kilogramos y libras.

Glucosa: mg/dl y mmol/l.

Otros aspectos

[21]

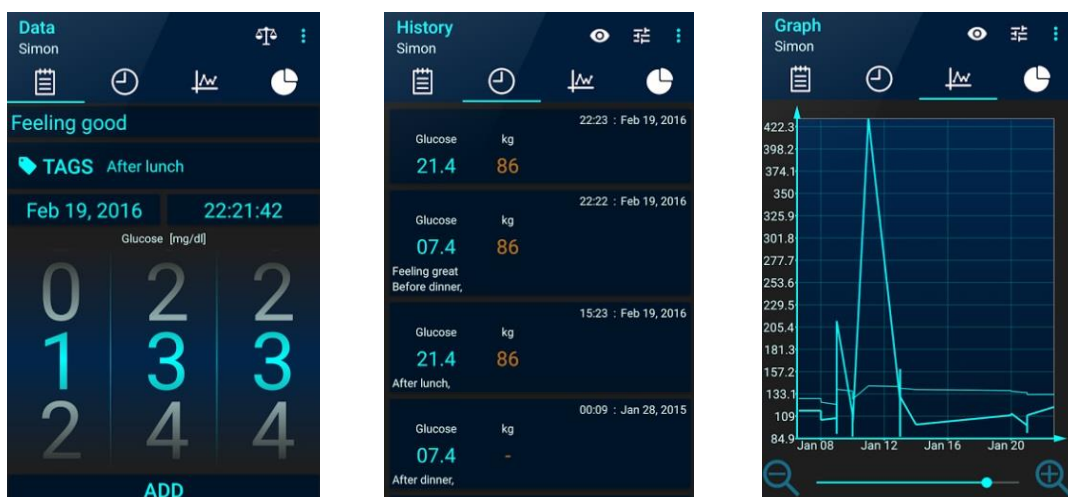


Figura 4: Capturas de pantalla Diabetes - Diario de glucosa

3.5. Diario de diabetes mySugr.

Desarrollador

mySugr GmbH

Interfaz

La interfaz se basa en el uso de imágenes e iconos para hacer la aplicación más descriptiva.

Facilidad de uso

Aunque su interfaz ayuda a un uso bastante intuitivo su primer uso puede resultar complejo. Para ello incluye un manual de usuario muy útil.

Configuración personal

Al iniciar la aplicación por primera vez se debe crear una cuenta de mySugr.

Permite configurar el tipo de terapia de insulina y el tipo de medicamento.

Dispone de personalización de rangos (rango híper – normal – hipo) de objetivos de glucosa, presión sistólica, presión diastólica, peso y objetivo de pasos.

Funcionalidades

Su función principal “diario” permite añadir registros completos de glucosa, insulina, alimentación, medicamentos y actividad con su respectiva fecha y hora. Además, incluye la posibilidad de añadir fotos y comentarios a cada registro.

Permite generar informes en formato .PDF (versión PRO) e importar datos de aplicaciones externas como Google Fit.

Idiomas disponibles

Dispone de castellano e inglés.

Unidades de medida

Glucosa: mg/dL o mmol/L. Hba1c: mmol/mol o porcentaje.

HC: gramos o “exchanges” (que pueden personalizarse).

Otros aspectos

Dispone de un manual de usuario, una versión de pago más completa y una aplicación infantil. [22]

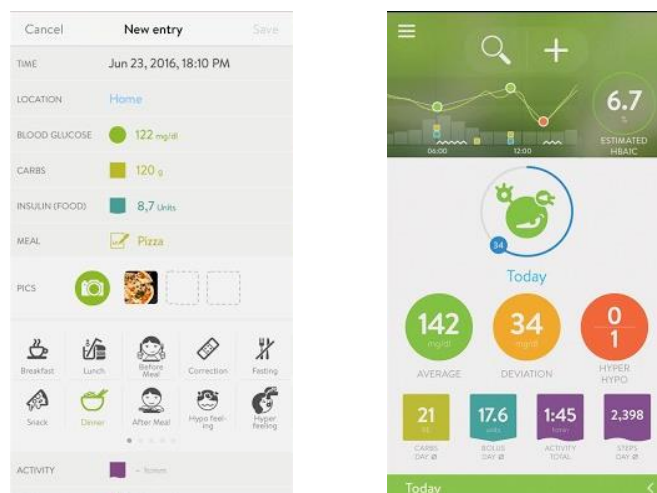


Figura 5: Capturas de pantalla Diario de diabetes mySugr.

3.6. Mi Glycemia: diabetes libro.

Desarrollador
InSyncApp
Interfaz
Incluye iconos y botones grandes que la hacen muy visual, aunque el tamaño de letra en algunos apartados puede resultar demasiado pequeño.
Facilidad de uso
Aplicación muy sencilla y bastante visual.
Configuración personal
Las configuraciones principales son las unidades de medida de glucosa a utilizar, las horas de alarma, las marcas de insulina utilizadas y los momentos del día de la toma de medidas.
Funcionalidades
Permite añadir registros de insulina, presión arterial, acetona y hemoglobina con su fecha y hora y el momento del día junto a una nota. No incluye registros de alimentación ni ejercicio. Los registros añadidos se pueden visualizar de 3 formas: tabla resumen, tabla detallada y gráfico (indicando el intervalo de tiempo).
Idiomas disponibles
Dispone de idioma castellano.
Unidades de medida
Glucosa: mg/del, g/L o mmol/L.
Otros aspectos
Incluye una libreta de contactos y un bloc de notas para recordatorios. [23]



Figura 6: Capturas de pantalla Mi Glycemia: diabetes libro

3.7. Diabetes Diario.

Desarrollador

Suderman Solutions.

Interfaz

Interfaz formada por una barra lateral que incluye iconos para desplazarse por las ventanas y cuya navegación entre pantallas es sencilla.

Facilidad de uso

Aplicación bastante completa y cuya interfaz permite entender su manejo de forma asequible.

Configuración personal

Permite configurar la edad, altura y sexo del paciente.

Funcionalidades

Permite el seguimiento de los parámetros de glucosa, presión sanguínea, peso, HbA1c, carbohidratos, medicación y ejercicio. Todos estos se muestran en forma de listado (mediante resumen, calendario y anotaciones) en la ventana principal y, además, todos estos, excepto ejercicio, en forma de gráficos y, por último, glucosa, peso, HbA1c y carbohidratos mediante promedios en el tiempo.

Idiomas disponibles

Incluye inglés y castellano.

Unidades de medida

Glucosa: mmol/L o mg/dL.

HbA1c: mmol/mol o porcentaje.

Peso: kgs o lbs.

Otros aspectos

Incluye un convertor de unidades y permite definir los tipos de ejercicios realizados y las medicinas utilizadas. También incluye una alarma-recordatorio. [24]

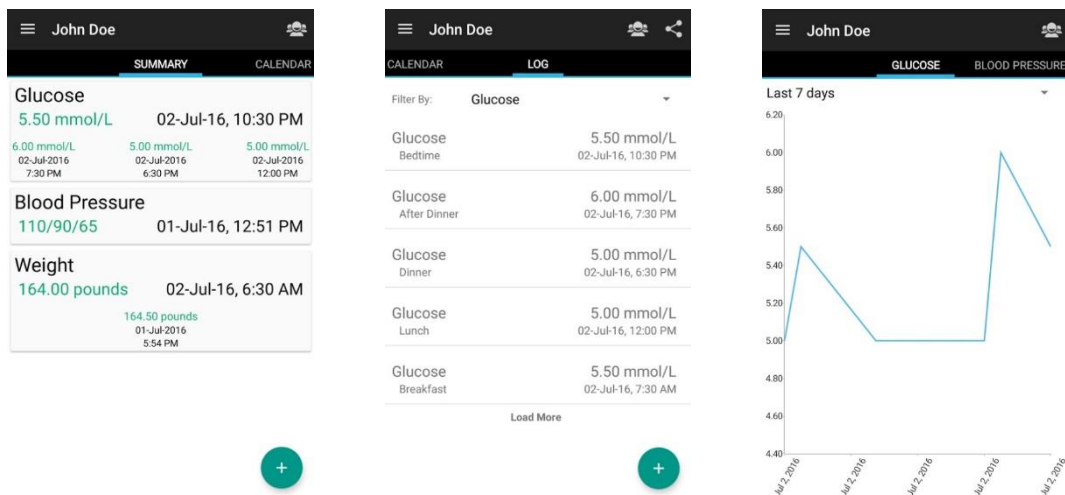


Figura 7: Capturas de pantalla Diabetes Diario

3.8. Diabetes monitor.

Desarrollador

HuanNguyen.

Interfaz

La interfaz permite navegar por la aplicación de forma intuitiva, aunque los iconos y el tamaño de letra/botones es algo pequeño.

Facilidad de uso

Aplicación muy completa pero cuya interfaz a pesar de estar muy ordenada no sería de fácil manejo para personas mayores.

Configuración personal

Para cada usuario permite definir sexo y tipo de diabetes, además de los rangos deseados de los parámetros a controlar.

Funcionalidades

Permite controlar glucosa, presión arterial, ejercicio, alimentación, medicación y peso que pueden visualizarse y editarse mediante dos vistas, un calendario interactivo y un gráfico de líneas. Además, incluye una vista en forma de listado con las anotaciones diarias.

Idiomas disponibles

Sólo disponible en inglés.

Unidades de medida

Glucosa: mg/dL o mmol/L.

Carbohidratos: gramos, 'bread units' (12 g) y raciones de 10 o 15 g.

Peso/Volumen/Altura: sistema métrico o imperial.

Otros aspectos

Incluye herramienta de recordatorio (con su propio historial incluido).

Dispone de una versión PRO de pago. [25]

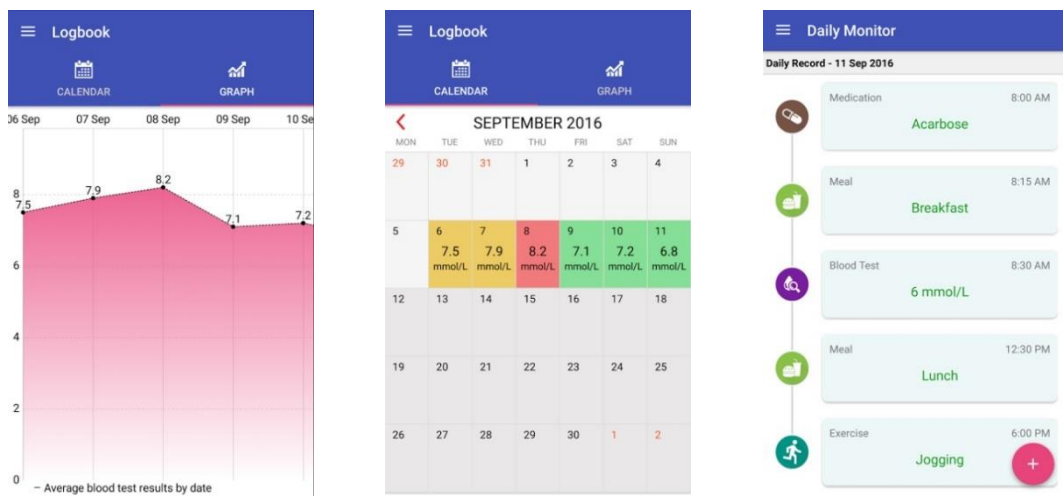


Figura 8: Capturas de pantalla Diabetes monitor

3.9. Glucose Buddy: Diabetes Log.

Desarrollador

Azumio, Inc

Interfaz

Menú principal formado por iconos intuitivos, aunque las distintas secciones no disponen de botones grandes ni de sencilla asimilación.

Facilidad de uso

A pesar de que el diseño intenta facilitar la comprensión de la aplicación, esta es bastante compleja y no dispone de un manejo sencillo.

Configuración personal

Permite configurar la edad, sexo, peso, altura y tipo de diabetes del usuario.

Funcionalidades

Dispone de seguimiento de glucosa, medicinas, alimentación, ejercicio y A1C. La visualización de los registros puede hacerse de forma gráfica o en forma de historial (además de un calendario interactivo). También permite llevar un seguimiento del peso y de la presión arterial del paciente.

Idiomas disponibles

Sólo disponible en inglés.

Unidades de medida

Glucosa: mg/dL o mmol/L.

Peso: kg o lb.

Altura: cm o ft-inch.

Otros aspectos

El seguimiento del peso y de la presión arterial se realiza en secciones separadas de los demás aspectos. Dispone de una herramienta recordatorio en forma de alarma. [26]

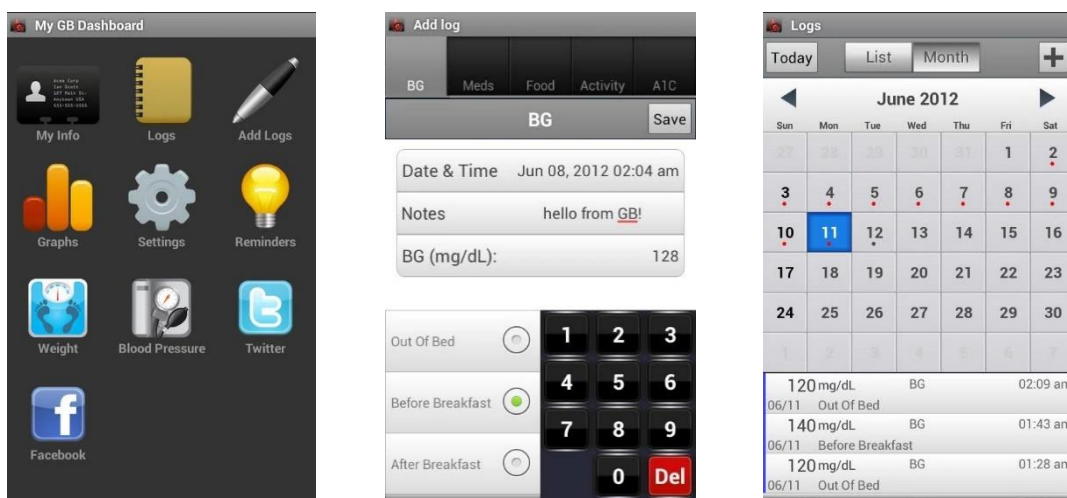


Figura 9: Capturas de pantalla Glucose Buddy: Diabetes Log

3.10. Diabetes Metrics.

Desarrollador

Healthzini, Inc.

Interfaz

Interfaz muy amigable en la parte externa de la aplicación (menú), pero las diferentes secciones de la aplicación están muy concentradas y con tamaños de letra quizás demasiado pequeño.

Facilidad de uso

La aplicación incluye muchas funcionalidades bien divididas, pero las ventanas de estas funcionalidades se encuentran muy sobrecargadas. Además, la entrada y selección de los datos tiene un formato muy técnico.

Configuración personal

Permite personalizar el sexo, edad, peso y tipo de diabetes del usuario.

Funcionalidades

Permite registrar anotaciones de glucosa, HbA1c, peso, presión arterial, medicinas, alimentación y ejercicio.

Incluye un historial (entre dos fechas seleccionadas), una ventana de estadísticas y una venta de gráficos para cada parámetro (en diferentes periodos).

Idiomas disponibles

Únicamente disponible en inglés.

Unidades de medida

Glucosa: mg/dL o mmol/L.

HbA1c: mmol/mol o porcentaje.

Peso/Volumen/Altura: sistema métrico o americano.

Otros aspectos

Incluye las herramientas: calculadora de insulina, envío de informes por email y almacenamiento de datos en la nube. [27]

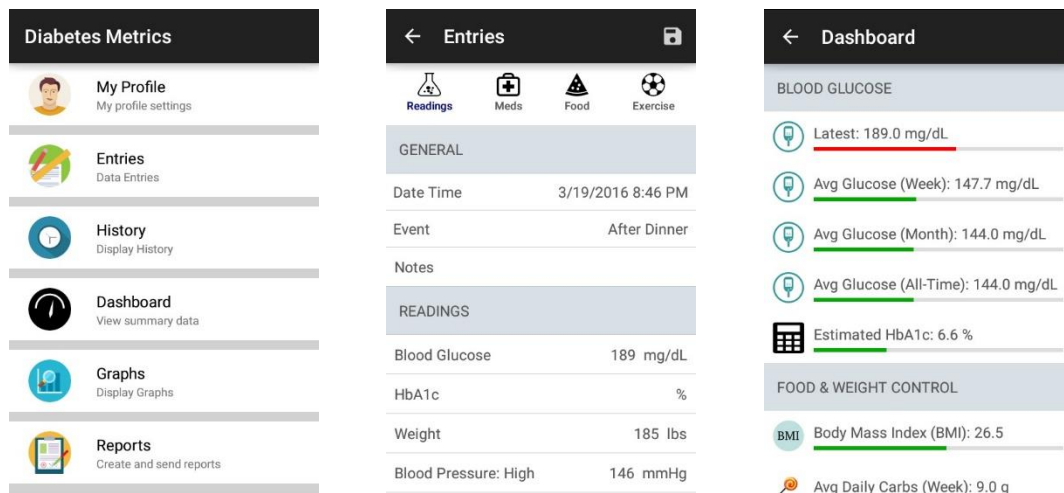


Figura 10: Capturas de pantalla Diabetes Metrics

3.11. Dottli: La diabetes fácil.

Desarrollador

Dottli

Interfaz

Toda la aplicación dispone de iconos descriptivos e interfaz amigable.

Facilidad de uso

A pesar de ser una aplicación bastante compleja su interfaz y diseño permite facilitar el manejo de la misma.

Configuración personal

Permite configurar sexo, edad, altura y tipo de diabetes del paciente.

Funcionalidades

Dispone de herramientas de seguimiento para los parámetros alimentación (además de piezas de fruta y vegetales y vasos de agua y café en diferentes secciones), glucosa, insulina, ejercicio, peso, altura, temperatura corporal, tiempo de sueño, calidad de sueño, colesterol, alcohol, tabaco, presión arterial, pasos y distancia recorrida, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno.

Se puede acceder a la visualización de los datos mediante gráficos de líneas, gráficos de pastel, promedios e historial cronológico.

Idiomas disponibles

Dispone de idiomas inglés y español.

Unidades de medida

Peso: kg o lbs.

Glucosa: mmol/L o mg/dL.

Otros aspectos

Dispone de una alarma/recordatorio además de un canal de chat para compartir opiniones y resultados con otros usuarios.

No permite introducir registros de HbA1c, pero dispone de una funcionalidad extra de estimación (de pago). [28]

3.12. Glucosio: Medidor de diabetes.

Desarrollador

Glucosio.

Interfaz

Interfaz muy sencilla, ya que la aplicación se basa en 3 ventanas muy intuitivas (información general, historial y nuevo registro).

Facilidad de uso

Diseño muy sencillo que facilita en gran medida el uso de la aplicación.

Configuración personal

Al iniciar la aplicación es necesario introducir nacionalidad, idioma, edad, sexo y tipo de diabetes.

Funcionalidades

Dispone de herramientas de seguimiento de glucosa, HbA1c, peso, presión arterial, cetonas y colesterol. Estos registros pueden visualizarse mediante un gráfico de líneas o un historial.

Idiomas disponibles

Incluye gran variedad de idiomas (incluido castellano).

Unidades de medida

Glucosa: mg/dL o mmol/L.
A1C: mmol/mol o porcentaje.
Peso: kgs o lbs.

Otros aspectos

Incluye un recordatorio además de la posibilidad de estimar el nivel de HbA1c en caso de no poder registrarlo.

Además, dispone de una página asistente con breves explicaciones a partir de la que acceder a las diversas funcionalidades. [29]

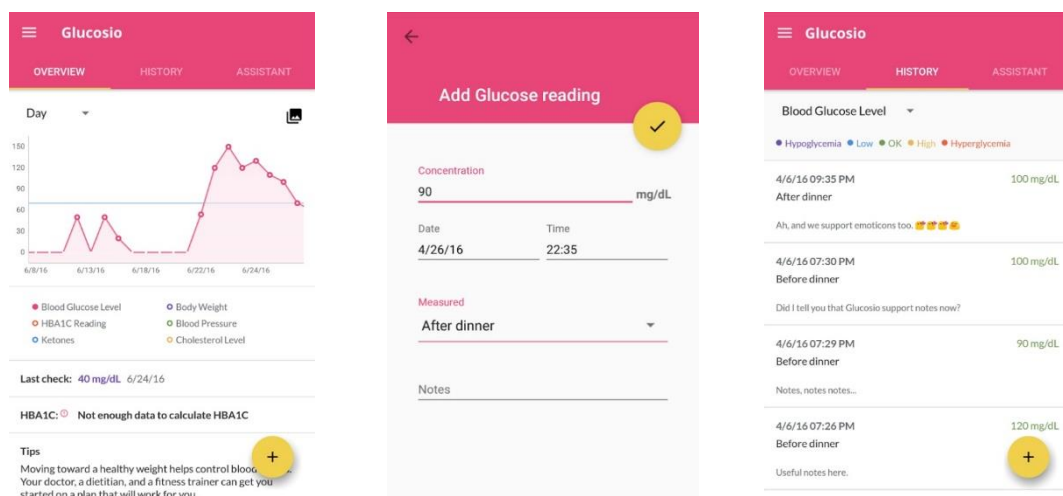


Figura 11: Capturas de pantalla Glucosio: Medidor de diabetes

3.13. Blood Glucose Tracker.

Desarrollador

Little Bytes Software.

Interfaz

Interfaz no muy amigable que no favorece su uso.

Facilidad de uso

Aunque no es una aplicación sencilla a primera vista al iniciar la aplicación por primera vez se muestra una guía explicativa de funcionamiento.

Configuración personal

No dispone de personalización, únicamente permite indicar los eventos respecto a los cuales se desea tomar mediciones (desayuno, comida, cena, dormir, etc.)

Funcionalidades

Permite registrar datos de glucosa, medicación, presión arterial, peso, HbA1c y alimentación que deben asignarse a un evento diario (que pueden personalizarse).

La visualización de los resultados incluye gráficos, cantidades medias e historial.

Idiomas disponibles

Únicamente disponible en inglés.

Unidades de medida

Glucosa: mmol/L o mg/dL.

Peso: kgs, lbs o sts (stones).

Otros aspectos

Dispone de una herramienta de recordatorios diarios, además se puede seleccionar los parámetros que no se quieren controlar para hacer desaparecer estas secciones de la aplicación.

Permite configurar el método de entrada de datos como teclado normal o como teclado numérico. [30]

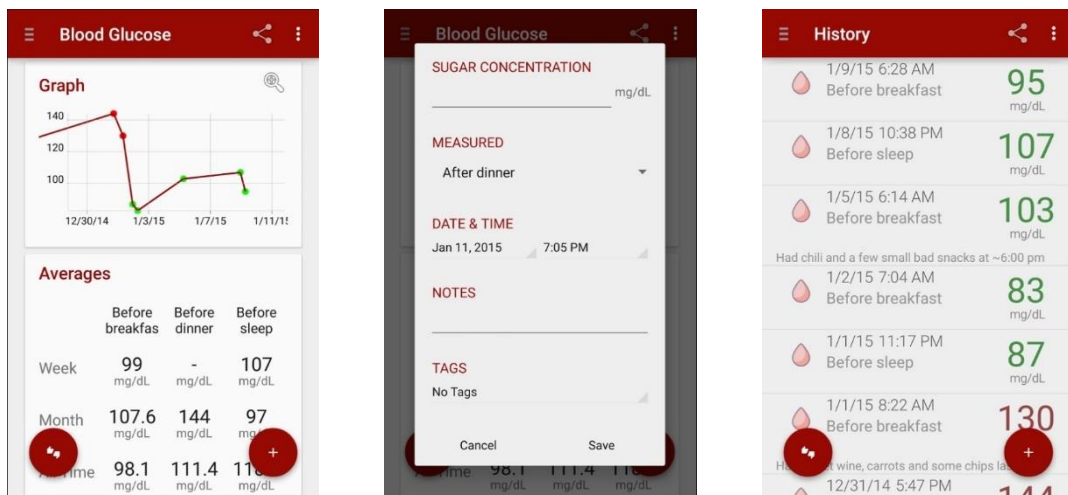


Figura 12: Capturas de pantalla Blood Glucose Tracker

3.14. Diapp – Diabetes Diario.

Desarrollador
Designcity.pl
Interfaz
Interfaz muy sencilla y amigable basada en un calendario interactivo.
Facilidad de uso
Gran facilidad de uso, ya que la aplicación se centra en una única ventana que se corresponde con un día concreto, y otra ventana en la que introducir los registros.
Configuración personal
Incluye gestión mediante usuarios, pero no dispone de personalización.
Funcionalidades
Dispone solamente de las funciones de guardado y visualización (listado) de registros de glucosa, insulina y alimentos, aunque con una gran sencillez.
Idiomas disponibles
Dispone de varios idiomas incluyendo inglés y castellano.
Unidades de medida
Glucosa: mg/dL o mmol/L.
Otros aspectos
Permite añadir etiquetas a los registros diarios. [31]

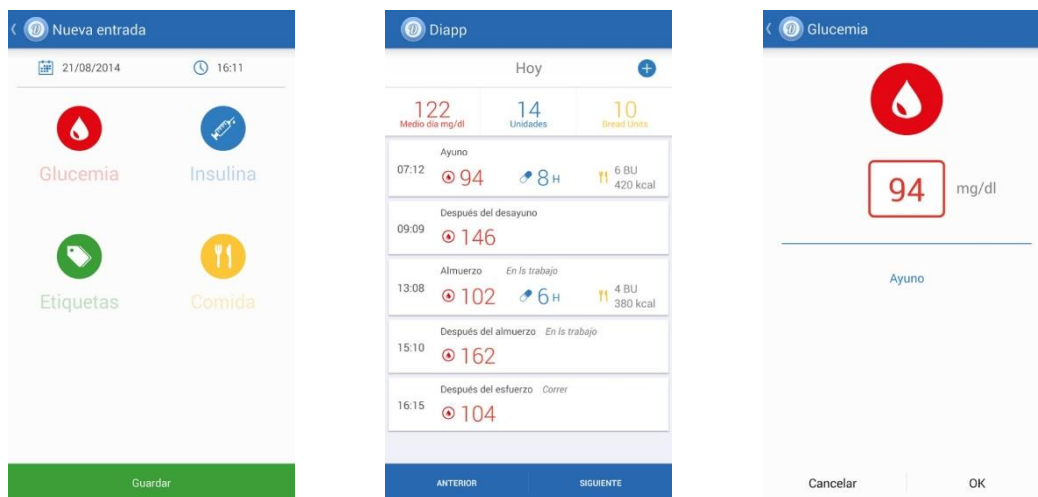


Figura 13: Capturas de pantalla Diapp - Diabetes diario

3.15. Mánager de glucosa.

Desarrollador
LeanWeb.
Interfaz
Esta aplicación incluye diferencias entre algunas ventanas intuitivas con botones y cajas de texto grandes y otras de peor visualización.
Facilidad de uso
La aplicación es bastante sencilla pero su contraste entre ventanas de la interfaz dificulta el uso en algunas funcionalidades.
Configuración personal
Solo incluye la personalización en las metas de los niveles de glucosa en diferentes momentos del día.
Funcionalidades
Permite registrar los niveles de glucosa e insulina y visualizar los datos mediante listado, estadísticas e informes detallados (en periodos de 7,15 y 20 días).
Idiomas disponibles
Disponible en castellano.
Unidades de medida
Glucosa: mg/dL o mmol/L.
Otros aspectos
Incluye un convertidor entre las unidades de glucosa. [32]

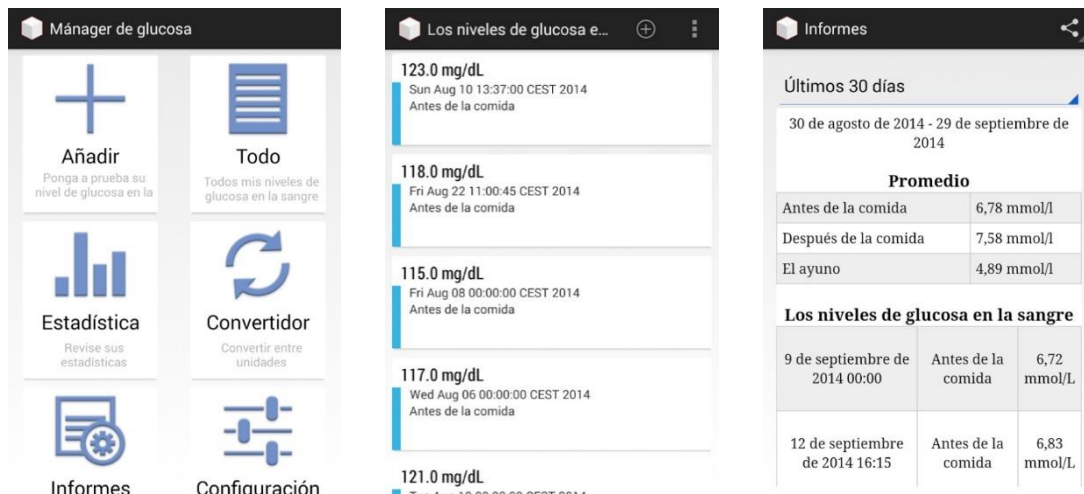


Figura 14: Capturas de pantalla Mánager de glucosa

3.16. My Diabetes Diary.

Desarrollador
mEL Studio
Interfaz
Diseño muy serio que no prioriza la sencillez.
Facilidad de uso
La aplicación busca ser más completa que fácil de comprender.
Configuración personal
Permite configurar sexo, edad, altura, talla y valores de glucosa y hemoglobina usuales.
Funcionalidades
Permite el seguimiento de los niveles de glucosa y hemoglobina además de su visualización mediante historial, gráficos y estadísticas.
Idiomas disponibles
Solo disponible en inglés.
Unidades de medida
Glucosa: mmol/L o mg/dL. Hemoglobina: mmol/L o g/dL. Peso: kgs o lbs.
Otros aspectos
Incluye una ventana de preguntas frecuentes con información. Permite configurar notificaciones y las medicinas del paciente. También dispone de una versión PRO de pago. [33]

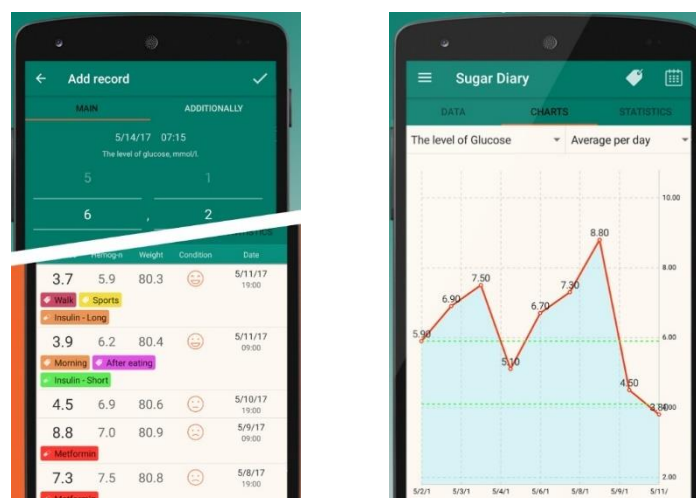


Figura 15: Capturas de pantalla My Diabetes Diary

3.17. Glucose Tracker.

Desarrollador

SoftGift

Interfaz

Interfaz bastante amigable debido al uso de iconos y colores.

Facilidad de uso

Al iniciar la aplicación por primera vez aparece una breve guía de uso.

A pesar de esto y del diseño visual la aplicación resulta bastante compleja a primera vista.

Configuración personal

Solo permite introducir la edad del usuario.

Funcionalidades

Permite realizar el seguimiento de glucosa y visualizar los datos mediante gráficos e historial.

Además, incluye mensajes de consejo en algunas ventanas y una página para acceder a artículos informativos.

Idiomas disponibles

Únicamente disponible en inglés.

Unidades de medida

Glucosa: mmol/L o mg/dL.

Otros aspectos

Permite configurar recordatorios. [34]

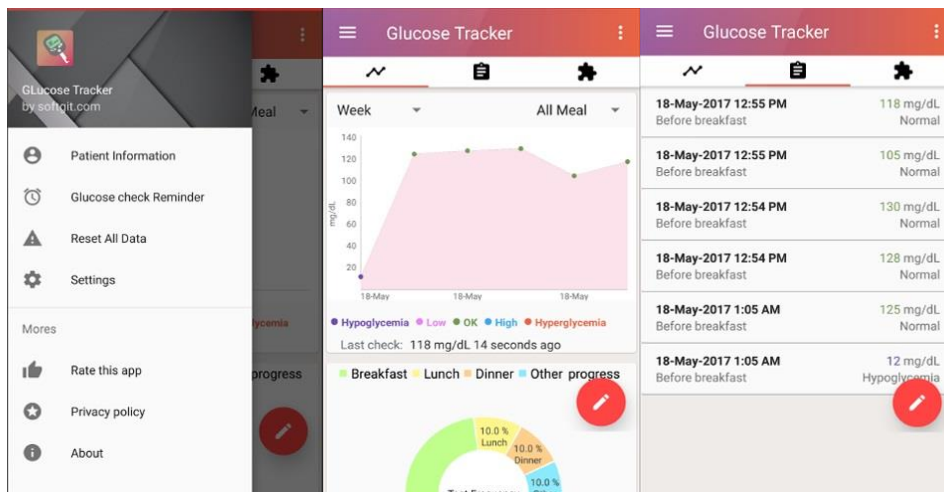


Figura 16: Capturas de pantalla Glucose Tracker

4. Desarrollo de la aplicación móvil

4.1. Metodología

Para el desarrollo de la aplicación ha sido necesario seguir una metodología fija a partir de unos recursos concretos como son: sistema operativo, lenguaje de programación, plataforma de desarrollo, entorno de desarrollo y sistema de gestión de base de datos.

- En el desarrollo de aplicaciones Android el lenguaje de programación más extendido es Java, pero no es el único. Mediante el uso de la plataforma Xamarin es posible desarrollar aplicaciones Android en el lenguaje C#, elegido para esta aplicación.
- Una vez elegido el lenguaje de programación es necesario un entorno de desarrollo, en este caso Visual Studio (que dispone de una versión ‘Community’ gratuita).
- El primer paso para crear la aplicación es conocer las funcionalidades que deberá incluir, y qué herramientas necesitará. La funcionalidad principal consiste en el almacenamiento de datos, por lo que se necesita un sistema de gestión de base de datos, con el que guardar la información introducida en la memoria del teléfono. Se busca un gestor ligero y rápido como es SQLite.
- Para mostrar los datos en forma de gráficos es necesaria una extensión de diseño gráfico como es Xamarin OxyPlot.

Estos recursos mencionados se detallan en los siguientes apartados.

4.2. Sistema Operativo - Android

4.2.1. ¿Qué es Android?

Android es un sistema operativo, desarrollado por Open HandSet Alliance, inicialmente pensado para teléfonos móviles, al igual que iOS, Symbian y Blackberry OS. Lo que lo hace diferente es que está basado en Linux, un núcleo de sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma.

El sistema permite programar aplicaciones en una variación de Java llamada Dalvik. El sistema operativo proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar aplicaciones que accedan a las funciones del teléfono (como el GPS, las llamadas, la agenda, etc.) de una forma muy sencilla en un lenguaje de programación muy conocido como es Java.

Android ofrece un enfoque unificado para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles, lo que significa que los desarrolladores solo necesitan desarrollarse para Android, y sus aplicaciones deben poder ejecutarse en diferentes dispositivos equipados con Android. Esta sencillez, junto a la existencia de herramientas de programación gratuitas, hacen que una de las cosas más importantes de este sistema operativo sea la cantidad de aplicaciones disponibles, que extienden casi sin límites la experiencia del usuario.

Android ofrece un enfoque unificado para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles, lo que significa que los desarrolladores solo necesitan desarrollar para Android, y sus aplicaciones podrán ejecutarse en diferentes dispositivos Android. [6] [7]

4.2.2. ¿Por qué elegir Android?

Los principales motivos que hacen que Android sea tan popular y sea el principal sistema operativo para desarrollar aplicaciones móviles son:

- Dispone de código abierto.
- La comunidad de desarrolladores y usuarios está ampliamente extendida.
- Alta comercialización.
- Las aplicaciones Android pueden integrarse entre sí.
- Coste de desarrollo y publicación prácticamente nulos.
- Altas probabilidades de éxito (tanto en alcanzar el desarrollo deseado como en el mercado).
- Avanzados entornos de desarrollo.

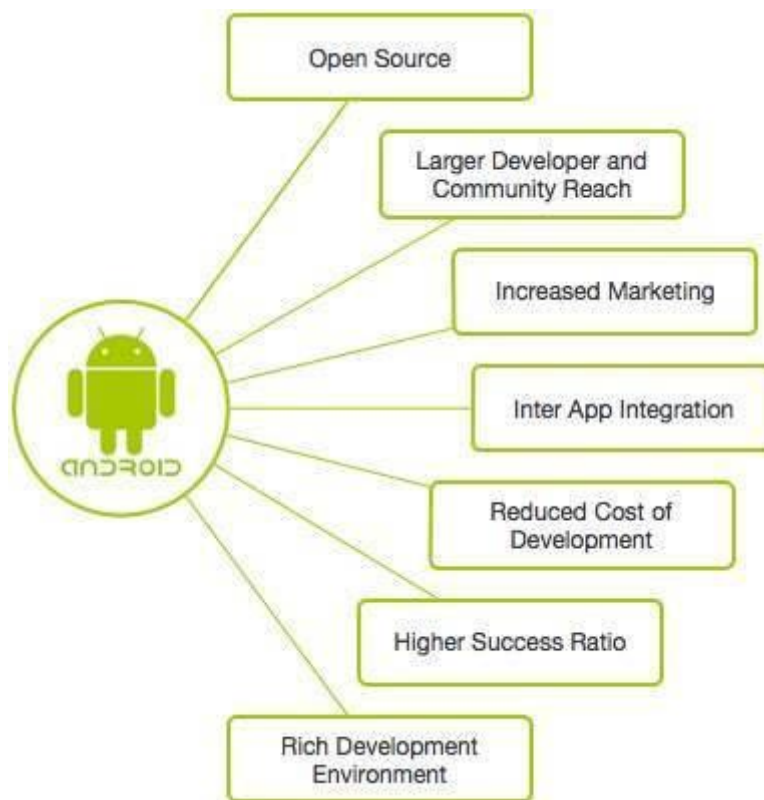


Figura 17: Características de Android

4.2.3. Libertad

Una de las mejores características de este sistema operativo que merece la pena destacar es que es completamente libre. Es decir, ni para programar en este sistema ni para incluirlo en un teléfono hay que pagar nada. Y esto lo hace muy popular entre fabricantes y desarrolladores, ya que los costes para lanzar un teléfono o una aplicación son muy bajos.

Cualquiera puede bajarse el código fuente, inspeccionarlo, compilarlo e incluso cambiarlo. Esto da una seguridad a los usuarios, ya que algo que es abierto permite detectar fallos más rápidamente. Y también a los fabricantes, pues pueden adaptar mejor el sistema operativo a los terminales.

4.2.4. Historia

Android era un sistema operativo para móviles prácticamente desconocido hasta que en 2005 Google lo compró. Hasta noviembre de 2007 sólo hubo rumores, pero en esa fecha se lanzó la Open Handset Alliance, que agrupaba a muchos fabricantes de teléfonos móviles, chipsets y Google y se proporcionó la primera versión de Android, junto con el SDK para que los programadores empezaran a crear sus aplicaciones para este sistema.

Aunque los inicios fueran un poco lentos, debido a que se lanzó antes el sistema operativo que el primer móvil, rápidamente se ha colocado como el sistema operativo de móviles más vendido del mundo, situación que se alcanzó en el último trimestre de 2010.

En febrero de 2011 se anunció la versión 3.0 de Android, llamada con nombre en clave Honeycomb, que está optimizado para tabletas en lugar de teléfonos móviles. Por tanto, Android ha trascendido los teléfonos móviles para trascender a dispositivos más grandes.

El 27 de junio de 2012, en la conferencia I/O de Google, Google anunció la versión de Android, 4.1 Jelly Bean, una actualización incremental, con el objetivo principal de mejorar la interfaz de usuario, tanto en términos de funcionalidad como de rendimiento.

El 12 de noviembre de 2014 Android presentó la versión 5.0 Lollipop, una interfaz de usuario renovada a partir del diseño Material Design, que se ha seguido utilizando hasta la actualidad.

El 28 de mayo de 2015 Google lanzó la primera preview de Android 6.0 Marshmallow, con grandes mejoras de estabilidad y rendimiento del sistema operativo. [8]

4.2.5. Google en los teléfonos móviles

Android es la forma de afrontar la telefonía móvil por parte de Google, que entiende estos dispositivos como una forma de estar conectado constantemente a Internet. Las aplicaciones de Google que vienen preinstaladas en el teléfono, permiten acceder a los servicios de Google de forma muy integrada, aparte de la aplicación Google Play que permite instalar aplicaciones desarrolladas por terceros de una forma muy sencilla.

4.2.6. Arquitectura

Android es una pila de software de código abierto basado en Linux creada para una variedad amplia de dispositivos y factores de forma. La base de la plataforma Android es el kernel de Linux. Por ejemplo, el tiempo de ejecución de Android (ART) se basa en el kernel de Linux para funcionalidades subyacentes, como la generación de subprocesos y la administración de memoria de bajo nivel.

El uso del kernel de Linux permite que Android aproveche funciones de seguridad claves y, al mismo tiempo, permite a los fabricantes de dispositivos desarrollar controladores de hardware para un kernel conocido. [9]

En la Figura 18 se muestran los componentes principales de la plataforma Android.

- **Aplicaciones:** las aplicaciones base incluyen un cliente de correo electrónico, programa de SMS, calendario, mapas, navegador, contactos y otros. Todas las aplicaciones están escritas en lenguaje de programación Java.
- **Marco de trabajo de aplicaciones:** los desarrolladores tienen acceso completo a los mismos APIs del framework usados por las aplicaciones base. La arquitectura está diseñada para simplificar la reutilización de componentes; cualquier aplicación puede publicar sus capacidades y cualquier otra aplicación puede luego hacer uso de esas capacidades (sujeto a reglas de seguridad del framework). Este mismo mecanismo permite que los componentes sean reemplazados por el usuario.
- **Bibliotecas:** Android incluye un conjunto de bibliotecas de C/C++ usadas por varios componentes del sistema. Estas características se exponen a los desarrolladores a través del marco de trabajo de aplicaciones de Android; algunas son: System C library (implementación biblioteca C estándar), bibliotecas de medios, bibliotecas de gráficos, 3D y SQLite, entre otras.
- **Runtime de Android:** Android incluye un set de bibliotecas base que proporcionan la mayor parte de las funciones disponibles en las bibliotecas base del lenguaje Java. Cada aplicación Android corre su propio proceso, con su propia instancia de la máquina virtual Dalvik. Dalvik ha sido escrito de forma que un dispositivo puede correr múltiples máquinas virtuales de forma eficiente.
- **Núcleo Linux:** Android depende de Linux para los servicios base del sistema como seguridad, gestión de memoria, gestión de procesos, pila de red y modelo de controladores. El núcleo también actúa como una capa de abstracción entre el hardware y el resto de la pila de software.

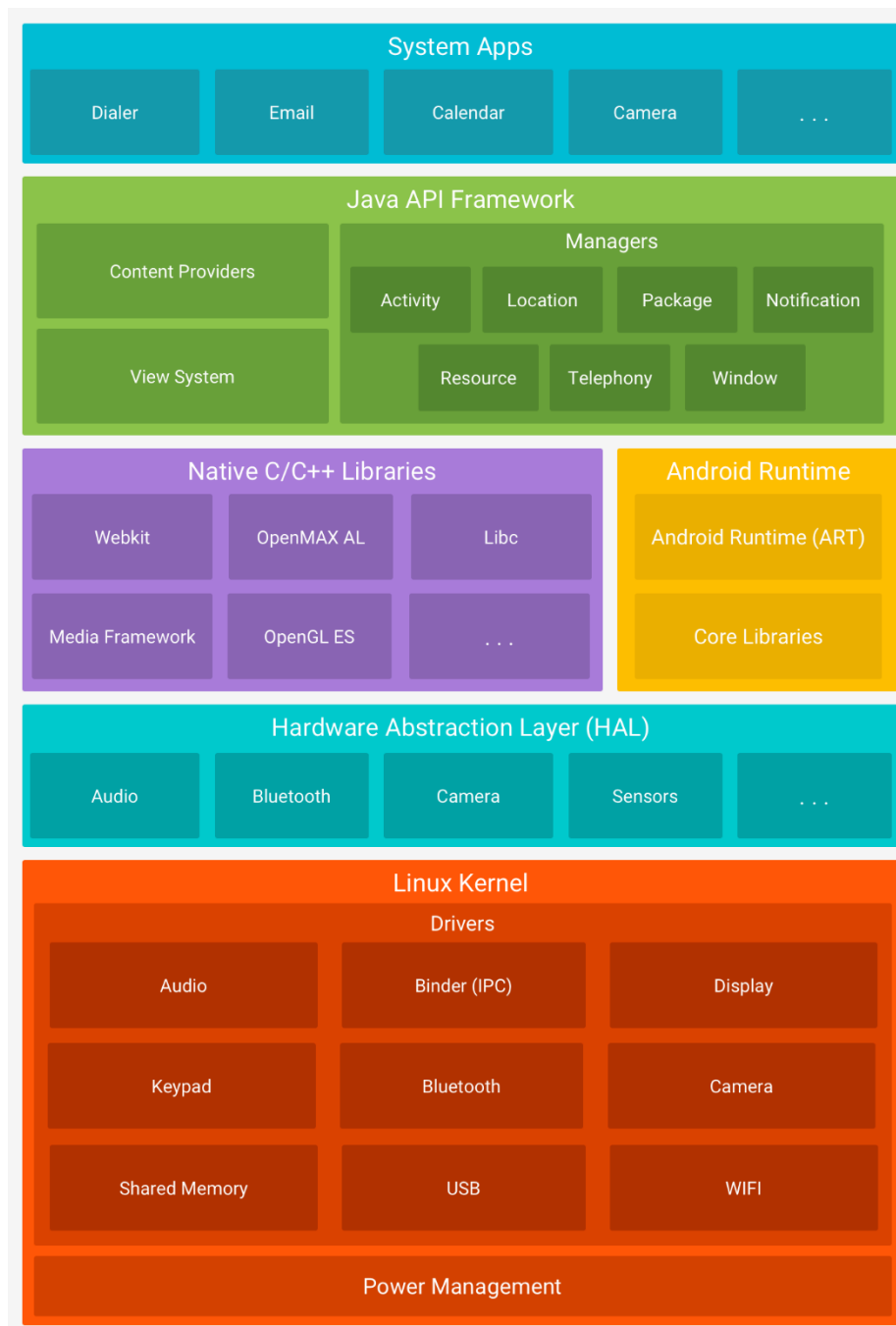


Figura 18: Arquitectura de Android

4.3. Lenguaje de programación – C#

C# es un lenguaje elegante, con seguridad de tipos y orientado a objetos, que permite a los desarrolladores crear una gran variedad de aplicaciones seguras y sólidas que se ejecutan en .NET (Framework .NET). C# permite crear aplicaciones cliente de Windows, servicios web XML, componentes distribuidos, aplicaciones cliente-servidor, aplicaciones de base de datos, etc. Visual C# proporciona un editor de código avanzado, prácticos diseñadores de interfaz de usuario, un depurador integrado y muchas otras herramientas que facilitan el desarrollo de aplicaciones basadas en el lenguaje C# y .NET Framework. [10]

4.3.1. Lenguaje

La sintaxis de C# es muy expresiva, pero también sencilla y fácil de aprender. Cualquier persona familiarizada con C, C++ o Java, reconocerá al instante la sintaxis de llaves de C#. Los desarrolladores que conocen cualquiera de estos lenguajes puede empezar normalmente a trabajar en C# de forma productiva en un espacio muy corto de tiempo. La sintaxis de C# simplifica muchas de las complejidades de C++ y proporciona características eficaces, como tipos de valor que aceptan valores NULL, enumeraciones, delegados, expresiones lambda y acceso directo a memoria, que no se encuentran en Java. C# admite métodos y tipo genéricos, que proporcionan una mayor seguridad de tipos y rendimiento, e iteradores, que permiten a los implementadores de clases de colecciones definir comportamientos de iteración personalizados que son fáciles de usar por el código de cliente. Las expresiones Language-Integrated Query (LINQ) convierten la consulta fuertemente tipada en una construcción de lenguaje de primera clase.

En cuanto lenguaje orientado a objetos, C# admite los conceptos de encapsulación, herencia y polimorfismo. Todas las variables y métodos, incluido el método Main, el punto de entrada de la aplicación, se encapsulan dentro de las definiciones de clase. Una clase puede heredar directamente de una clase primaria, pero puede implementar cualquier número de interfaces. Los métodos que invalidan los métodos virtuales en una clase primaria requieren la palabra clave `override` como una manera de evitar redefiniciones accidentales. En C#, un struct es como una clase sencilla; es un tipo asignado en la pila que puede implementar interfaces pero que no admite herencia.

Además de estos principios básicos orientados a objetos, C# facilita el desarrollo de componentes de software mediante varias construcciones de lenguaje innovadoras, incluidas las siguientes:

- Signaturas de método encapsulado llamadas *delegados*, que permiten notificaciones de eventos con seguridad de tipos.
- Propiedades, que actúan como descriptores de acceso para variables miembro privadas.
- Atributos, que proporcionan metadatos declarativos sobre tipos en tiempo de ejecución.
- Comentarios de documentación XML insertados
- Language-Integrated Query (LINQ) que proporciona funcionalidades de consulta integradas en diversos orígenes de datos.

Si tiene que interactuar con otro software de Windows, como objetos COM o archivos DLL nativos de Win32, puede hacerlo en C# mediante un proceso denominado "Interoperabilidad". La interoperabilidad permite que los programas de C# hagan casi todo lo que puede hacer una aplicación C++ nativa. C# admite incluso el uso de punteros y el concepto de código "no seguro" en los casos en los que el acceso directo a memoria es absolutamente crítico.

El proceso de compilación de C# es simple en comparación con C y C++ y más flexible que en Java. No hay ningún archivo de encabezado independiente y ningún requisito de declaración de métodos y tipos en un orden en particular. Un archivo de código fuente de C# puede definir cualquier número de clases, structs, interfaces y eventos. [10]

4.3.2. Arquitectura

Los programas de C# se ejecutan en .NET Framework, un componente integral de Windows que incluye un sistema de ejecución virtual llamado Common Language Runtime (CLR) y un conjunto unificado de bibliotecas de clases. El CLR es la implementación comercial de Microsoft de Common Language Infrastructure (CLI), un estándar internacional que es la base para la creación de entornos de ejecución y desarrollo en los que los lenguajes y las bibliotecas trabajan juntos sin problemas.

El código fuente escrito en C# se compila en un lenguaje intermedio (IL) que guarda conformidad con la especificación de CLI. El código y los recursos IL, como mapas de bits y cadenas, se almacenan en disco en un archivo ejecutable denominado ensamblado, normalmente con la extensión .exe o .dll. Un ensamblado contiene un manifiesto que proporciona información sobre los tipos, la versión, la referencia cultural y los requisitos de seguridad del ensamblado. Cuando se ejecuta el programa de C#, el ensamblado se carga en el CLR, el cual podría realizar diversas acciones en función de la información en el manifiesto. Luego, si se cumplen los requisitos de seguridad, el CLR realiza la compilación Just in time (JIT) para convertir el código IL en instrucciones máquina nativas. El CLR también proporciona otros servicios relacionados con la recolección de elementos no utilizados, el control de excepciones y la administración de recursos. El código que se ejecuta en el CLR se conoce a veces como "código administrado", a diferencia del "código no administrado" que se compila en lenguaje de máquina nativo destinado a un sistema específico. En el siguiente diagrama se ilustran las relaciones de tiempo de compilación y tiempo de ejecución de archivos de código fuente de C#, las bibliotecas de clases de .NET Framework, los ensamblados y el CLR.

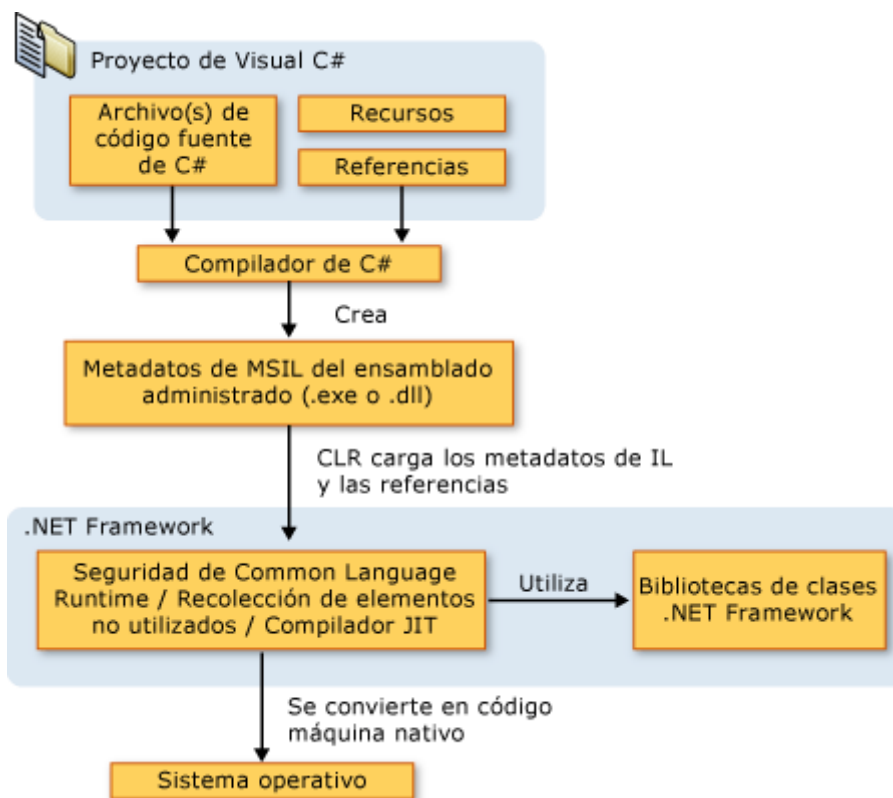


Figura 19: Flujo de un proyecto C#

La interoperabilidad entre lenguajes es una característica principal de .NET Framework. Debido a que el código IL generado por el compilador de C# cumple la especificación de tipo común (CTS), este código puede interactuar con el código generado a partir de las versiones .NET de Visual Basic, Visual C++ o cualquiera de los más de 20 lenguajes compatibles con CTS. Un solo ensamblado puede contener varios módulos escritos en diferentes lenguajes .NET y los tipos se pueden hacer referencia mutuamente igual que si estuvieran escritos en el mismo lenguaje. Además de los servicios de tiempo de ejecución, .NET Framework también incluye una amplia biblioteca de más de 4000 clases organizadas en espacios de nombres que proporcionan una gran

variedad de funciones útiles para todo, desde la entrada y la salida de archivos, pasando por la manipulación de cadenas para el análisis XML, hasta controles de formularios Windows Forms. La aplicación de C# típica usa la biblioteca de clases .NET Framework de forma extensa para administrar tareas comunes de infraestructura. [10]

4.4. Plataforma de desarrollo - Xamarin

La plataforma Xamarin y permite diseñar una aplicación multiplataforma para maximizar la reutilización del código y ofrecer una experiencia nativa de alta calidad en todas las plataformas móviles principales: iOS, Android y Windows Phone. [11] [12]

La frase “write-once, run everywhere” (escribir una vez, ejecutar en cualquier parte) se utiliza a menudo para alabar las virtudes de una sola base de código que se ejecuta sin modificar en múltiples plataformas. Aunque tiene el beneficio de la reutilización de código, ese enfoque a menudo conduce a aplicaciones que tienen un conjunto de características de denominador común más bajo y una interfaz de usuario de aspecto genérico que no encaja muy bien en ninguna de las plataformas de destino.

Xamarin no es sólo una plataforma " write-once, run everywhere", porque una de sus fortalezas es la capacidad de implementar interfaces de usuario nativas específicamente para cada plataforma. Sin embargo, con un diseño pensativo todavía es posible compartir la mayor parte del código de la interfaz no-usuario y obtener lo mejor de ambos mundos: escribir el código de almacenamiento de datos y el código de lógica empresarial una vez y presentar las interfaces de usuario nativas en cada plataforma.

La plataforma Xamarin consta de una serie de elementos que le permiten desarrollar aplicaciones para iOS y Android:

- Lenguaje C# - Le permite utilizar una sintaxis familiar y funciones sofisticadas como Generics, LINQ y la librería de tareas paralelas.
- Framework Mono .NET - Proporciona una implementación multiplataforma de las funciones .NET de Microsoft.
- Compilador - Dependiendo de la plataforma, produce una aplicación nativa (por ejemplo, iOS) o una aplicación .NET integrada y tiempo de ejecución (por ejemplo, Android). El compilador también realiza muchas optimizaciones para el despliegue móvil, como el enlace de código no utilizado.
- Herramientas de IDE - Visual Studio en Mac y Windows le permite crear, construir y desplegar proyectos de Xamarin.

Para aumentar la cantidad de reutilización de código, puede adoptar componentes multiplataforma que proporcionan servicios comunes a través de todos estos sistemas, tales como:

- SQLite-net para el almacenamiento local de SQL.
- Xamarin Plugins para acceder a capacidades específicas del dispositivo incluyendo la cámara, contactos y geolocalización.
- Los paquetes de NuGet que son compatibles con proyectos de Xamarin.
- Uso de .NET Framework para redes, servicios web, IO y más.

4.5. IDE (Integrated development environment) – Visual Studio

Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE); un panel de inicio creativo que puede usar para ver y editar prácticamente cualquier tipo de código y, a continuación, depurar, generar y publicar aplicaciones para Android, iOS, Windows, la Web y la nube. Soporta múltiples lenguajes de programación, tales como C++, C#, Visual Basic .NET, F#, Java, Python, Ruby y PHP. [13]

- **Desarrollo:** Visual Studio permite escribir código de manera precisa y eficiente sin perder el contexto del archivo actual. Puede acercarse fácilmente los detalles, como la estructura de llamadas, las funciones relacionadas, las inserciones en el repositorio y el estado de las pruebas. También permite refactorizar, identificar y corregir problemas de código.
- **Depuración:** El depurador de Visual Studio permite buscar y depurar rápidamente errores en distintos lenguajes, de forma local o remota, y con datos históricos de su código. Las herramientas de generación de perfiles diagnostican problemas de rendimiento, incluso sin abandonar el flujo de trabajo de depuración.
- **Pruebas:** Las herramientas de pruebas de Visual Studio ayudan a proporcionar software de alta calidad para planear, ejecutar y supervisar todo el trabajo de pruebas. Permiten mantener el control del plan de pruebas con métricas de calidad, indicadores e informes completos del estado de las pruebas.
- **Control de versiones:** Visual Studio es compatible con repositorios Git para hospedar el código fuente cualquier proveedor (GitHub). Visual Studio incluye Team Services para administrar el código junto con los errores y elementos de trabajo de todo el proyecto.

4.6. Sistema de gestión de bases de datos - SQLite

SQLite es una biblioteca que implementa un motor de base de datos SQL transaccional, de configuración cero, autónoma y sin servidor. El código para SQLite está en el dominio público y por lo tanto es gratuito para su uso para cualquier propósito, comercial o privado. SQLite es la base de datos más ampliamente implementada en el mundo.

SQLite es un motor de base de datos de SQL incorporado. A diferencia de la mayoría de las otras bases de datos SQL, SQLite no tiene un proceso de servidor separado. SQLite lee y escribe directamente en archivos de disco ordinarios. Una base de datos SQL completa con múltiples tablas, índices, disparadores y vistas, está contenida en un único archivo de disco. El formato de archivo de la base de datos es multiplataforma - puede copiar libremente una base de datos entre sistemas de 32 bits y 64 bits o entre arquitecturas big-endian y little-endian.

SQLite es una biblioteca compacta. Con todas las funciones habilitadas, el tamaño de la biblioteca puede ser inferior a 500 KiB (kibibytes), dependiendo de la plataforma de destino y la configuración de optimización del compilador. (El código de 64 bits es mayor y algunas optimizaciones del compilador, como el desenrollado de la función agresiva y el desenrollado del bucle, pueden hacer que el código del objeto sea mucho mayor). Si se omiten las funciones opcionales, el tamaño de la biblioteca SQLite puede reducirse por debajo de 300KiB. SQLite también se puede ejecutar en un mínimo espacio de pila (4KiB) y muy poco montón (100KiB), por lo que SQLite es una opción de motor de base de datos popular en memoria limitada como teléfonos móviles, PDAs y reproductores de MP3. Hay una compensación entre el uso de la memoria y la velocidad. SQLite generalmente se ejecuta más rápido cuanto más memoria le das.

Sin embargo, el rendimiento suele ser bastante bueno, incluso en entornos con poca memoria. [14]

4.7. Funcionalidades

A continuación, se describen las principales funcionalidades que se han marcado como objetivo de la aplicación.

4.7.1. Registro e identificación

La primera funcionalidad que debe disponer una aplicación que conlleva un seguimiento personal es la de identificación por dos motivos:

- Asociar los datos introducidos a cada usuario.
- Servir como método de confidencialidad.

4.7.2. Guardado de anotaciones

La funcionalidad principal de la aplicación es la de guardar o registrar anotaciones, ya que se trata de una aplicación de seguimiento.

Para el caso de la enfermedad Diabetes tipo 2 es necesario que este seguimiento se haga para los siguientes parámetros de la salud de la persona:

- Glucosa
- HbA1c
- Presión arterial

Además de estos 3 parámetros principales es recomendable que a este seguimiento se añadan dos hábitos personales como son la alimentación y el ejercicio.

4.7.3. Visualización gráfica

A parte del seguimiento para un uso personal se desea facilitar el traspaso de información entre el paciente y el médico, por lo que la mejor forma de mostrar de forma sencilla y rápida la evolución de los parámetros saludables del paciente es mediante la utilización de diagramas. Es por ello que los registros de glucosa, HbA1c y presión arterial dispondrán de unos historiales gráficos mediante diagramas de barras.

Los historiales se mostrarán inicialmente para un mes completo, pero incluirán la posibilidad de desplazarse en el eje del tiempo e incluso de hacer zoom.

4.7.4. Historial

Además de la visualización gráfica se incluirá un historial en forma de listado por dos razones:

- Los registros de glucosa, HbA1c y presión arterial incluyen la posibilidad de ser acompañados por una breve anotación, en caso de querer visualizar este comentario es necesario complementar la visualización gráfica con este listado detallado.
- Los parámetros de alimentación y ejercicio no tendrían sentido de forma gráfica por lo que es necesario que sean mostrados en forma de listado.

4.7.5. Notificación de recordatorio

La última funcionalidad trata de evitar uno de los principales problemas que puede suponer el llevar cualquier seguimiento, el que el usuario se olvide de realizar las anotaciones, por ello se incluirá la posibilidad de definir un aviso diario para recordarle al paciente que debe añadir sus anotaciones en la aplicación.

Mediante un reloj y un botón de encendido y apagado se fijará la alarma que se repetirá de forma diaria.

4.8. Diagrama de flujo

Una vez aclaradas las funcionalidades que debe englobar la aplicación se realiza el diagrama de flujo que se corresponde con los diferentes procesos que puede realizar la aplicación.

4.8.1. Inicio de sesión

La primera parte de la aplicación (inicio de sesión) deberá constar de 2 procesos: Registrar un nuevo usuario e identificar usuario (Figura 20).

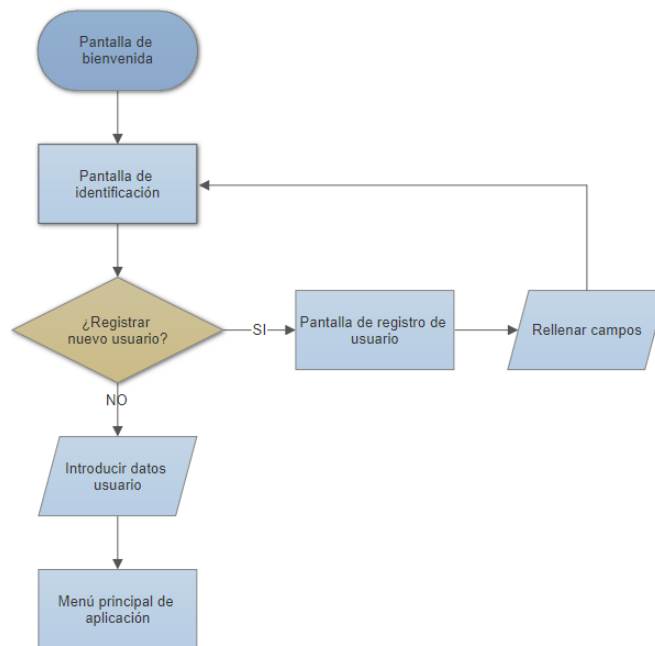


Figura 20: Diagrama de flujo. Parte 1: Inicio de sesión

4.8.2. Menú principal

Desde el menú principal se podrá acceder a todas las funcionalidades de la aplicación.

En la figura 21 se muestra el diagrama de flujo del menú principal incluyendo las funcionalidades de preferencias (modificar unidades o seleccionar disponibilidad de medidor de calorías) y alarma (activar o desactivar alarma).

4.8.3. Nuevo Registro

En la figura 22 se muestran los posibles parámetros a registrar y una vez introducidos los datos y añadida la anotación el retorno a la ventana anterior.

4.8.4. Resultados gráficos

En la figura 23 se muestran los posibles parámetros a visualizar. Ya que solo se trata de visualizar datos no hay más funcionalidades.

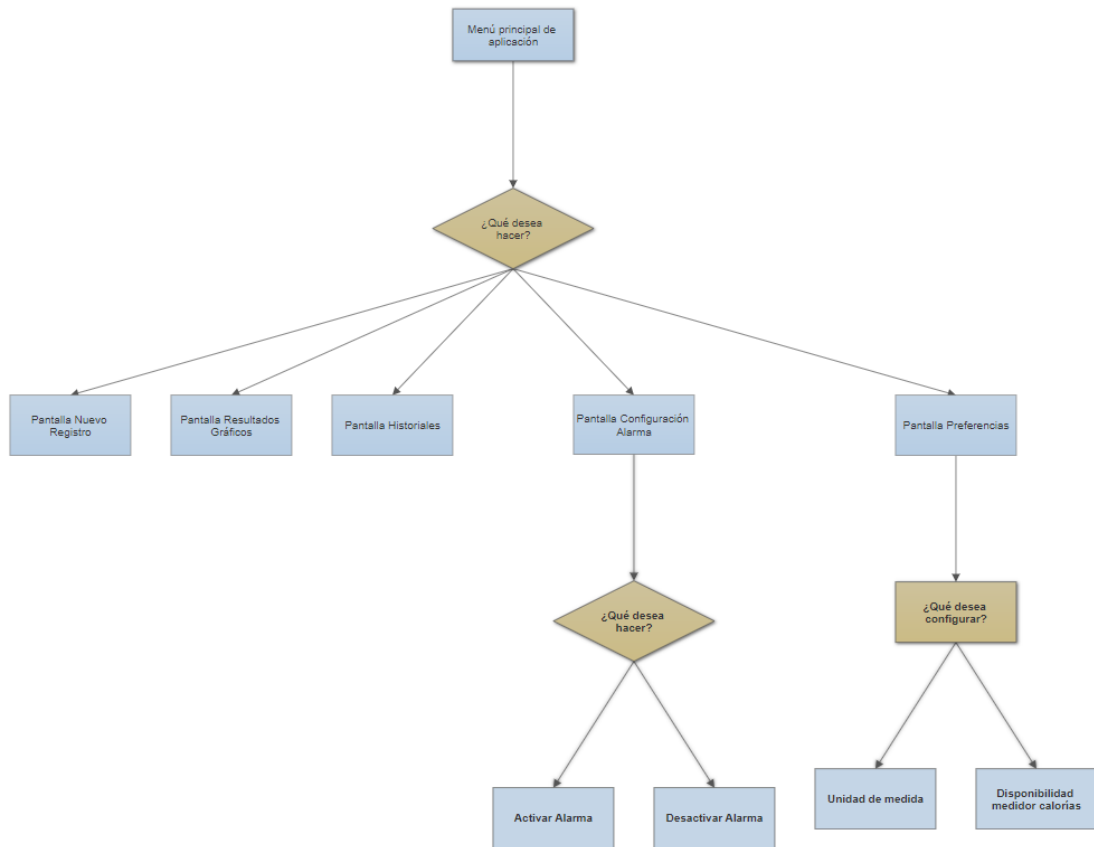


Figura 21: Diagrama de flujo. Parte 2: Menú principal

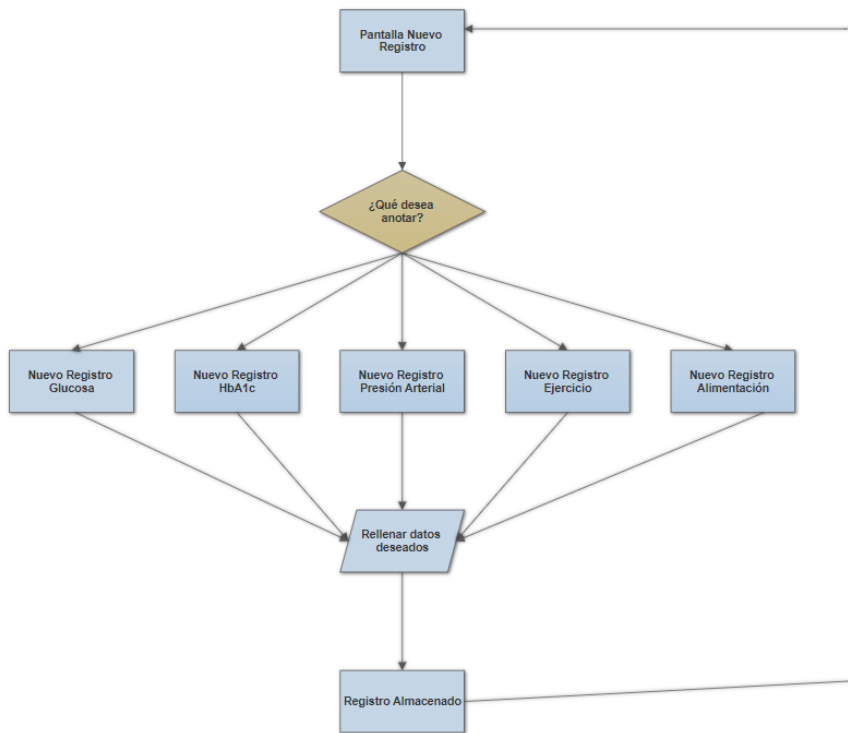


Figura 22: Diagrama de flujo. Parte 3: Nuevo Registro

4.8.5. Historiales

En la figura 24 se muestran los posibles parámetros a visualizar. Incluye la posibilidad de eliminar una anotación de la lista.

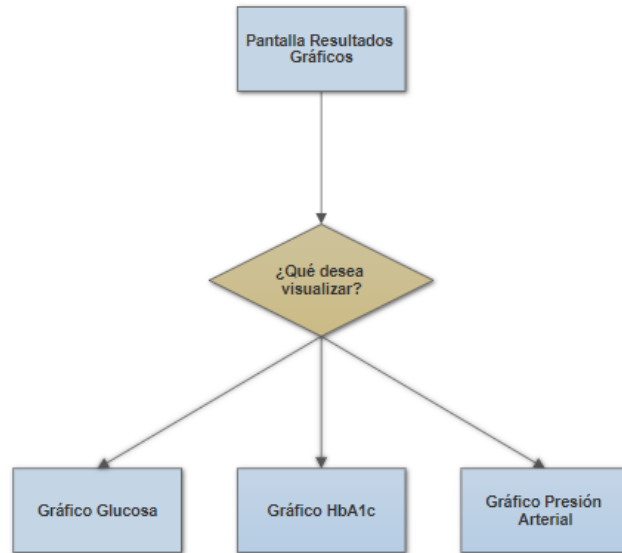


Figura 23: Diagrama de flujo: Parte 4: Registros gráficos

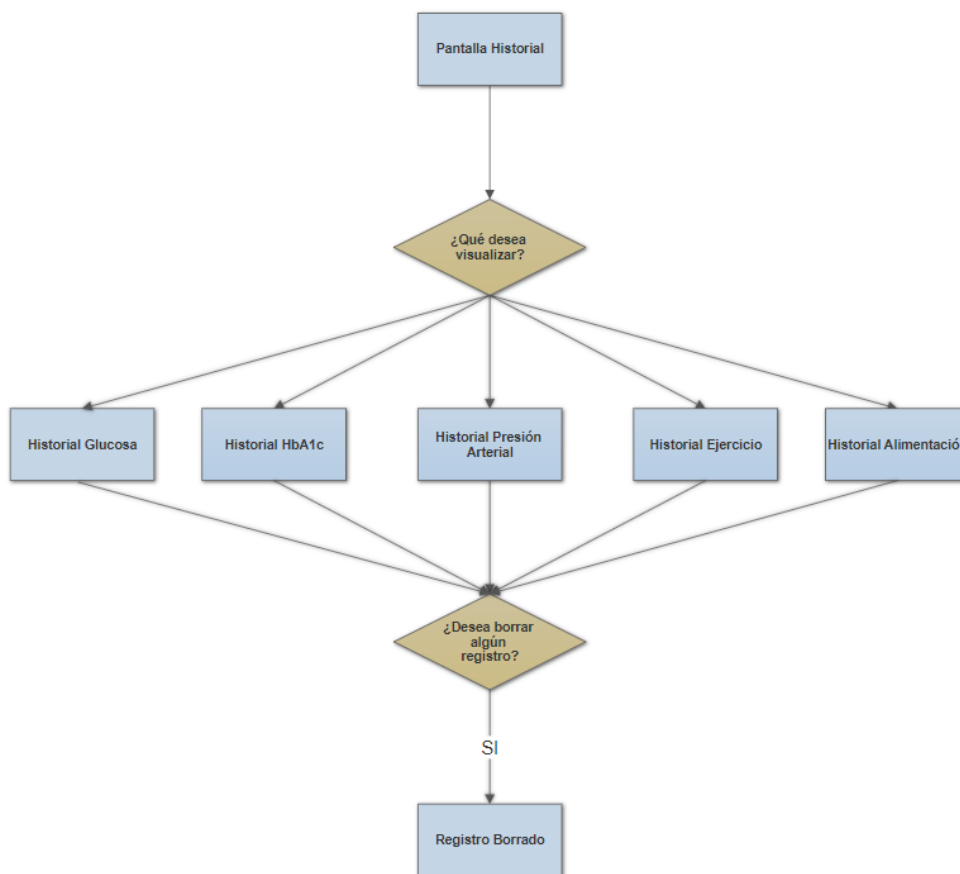


Figura 24: Diagrama de flujo: Parte 5: Historial

5. Aplicación final

El desarrollo realizado ha dado como resultado una aplicación de seguimiento, capaz de recibir datos sobre mediciones personales y almacenarlos en la base de datos del teléfono y visualizarlos tanto de forma gráfica (diagramas de barras) como en forma de historial.

5.1. Pantalla de bienvenida

Al iniciar la aplicación se muestra durante 2 segundos una pantalla de bienvenida en la que se puede leer “**Bienvenidos a MI diabetes App**” junto con el logo de la aplicación y una imagen de fondo que representa una toma de muestra de sangre para medir la glucosa, una imagen muy representativa de la enfermedad.



Figura 25: Pantalla de bienvenida

5.2. Identificación

Una vez desaparece la pantalla de bienvenida se inicia la aplicación. La primera ventana que aparece es la ventana *Identificar usuario* (Figura 21) que contiene:

- 2 cajas de edición de texto:
 - Nombre de usuario
 - Contraseña
- 2 botones:
 - Iniciar sesión
 - Registrar

Figura 26: Pantalla de inicio de sesión

Figura 27: Pantalla de registro de usuario

Lo primero que se debe hacer al comenzar a utilizar la aplicación es añadir un nuevo usuario, para ello se debe pulsar el botón **Registrar** y una vez pulsado se abrirá la ventana *Registrar nuevo usuario* (Figura 22). Dentro de esta ventana aparecen:

- 3 cajas de edición de texto:
 - Nombre usuario
 - Contraseña
 - Repetir contraseña
- Un botón:
 - Registrar

En las cajas de texto se debe introducir el nombre de usuario y la contraseña (dos veces) que se deseen utilizar para identificarse en la aplicación.

Una vez se han rellenado los 3 campos se pulsa el botón **Registrar** para añadir este usuario a la base de datos del dispositivo. Al registrar el nuevo usuario la aplicación regresa a la pantalla anterior, donde ya se puede identificar el usuario rellenando los campos con el nombre de usuario y la contraseña y se procede a entrar en la página principal de la aplicación pulsando el botón **Iniciar sesión**.

5.3. *Página principal*

La ventana *Página principal* (Figura 23) es, como su nombre indica, la pantalla principal de la aplicación, a la cual se accede al iniciar sesión o al abrir la aplicación si ya se ha iniciado sesión previamente y no se ha finalizado el proceso de la aplicación.

En esta página aparece el menú con los botones correspondientes a las funcionalidades esenciales de la aplicación. Estos botones son:

- Nuevo Registro
- Resultados Gráficos
- Historial
- Alarma
- Preferencias

Las distintas pantallas asociadas a cada botón se explican en los siguientes apartados.

5.4. Nuevo Registro

La ventana *Nuevo Registro* (Figura 24) implementa un botón para añadir una nueva anotación a cada uno de los 5 parámetros a los que se puede realizar el seguimiento.

Todas las ventanas que se abren al pulsar su respectivo botón tienen un aspecto similar, pero con algunos detalles que las diferencian.



Figura 28: Pantalla principal



Figura 29: Pantalla de nuevo registro

5.4.1. Glucosa

El primer botón se corresponde con la ventana de *Registrar Glucosa* (Figura 25), en esta pantalla se debe introducir el nivel de glucosa medido, la fecha a la que corresponde la anotación y si se desea se puede añadir una breve nota o comentario.

Figura 30: Pantalla de nuevo registro de glucosa

Figura 31: Pantalla de nuevo registro de HbA1c

5.4.2. HbA1c

El segundo botón se corresponde con la ventana de *Registrar HbA1c* (Figura 26), en esta pantalla se debe introducir el nivel de hemoglobina glicosilada, la fecha a la que corresponde la anotación y si se desea se puede añadir una breve nota o comentario.

5.4.3. Presión arterial

El tercer botón se corresponde con la ventana de *Registrar Presión arterial* (Figura 27), en esta pantalla se debe introducir los niveles de presión arterial medidos, tanto superior como inferior, la fecha a la que corresponde la anotación y si se desea se puede añadir una breve nota o comentario.

5.4.4. Alimentación

El cuarto botón se corresponde con la ventana de *Registrar Alimentación* (Figura 28), en esta pantalla se permite introducir las calorías y los hidratos ingeridos, la fecha a la que corresponde la anotación y si se desea se puede añadir una breve nota o comentario.

5.4.5. Ejercicio

El último botón se corresponde con la ventana de *Registrar Ejercicio* (Figura 29), en esta pantalla se permite introducir las calorías quemadas, la duración de la actividad física, la fecha a la que corresponde la anotación y si se desea se puede añadir una breve nota o comentario.

Figura 32: Pantalla de nuevo registro de presión arterial

Figura 33: Pantalla de nuevo registro de alimentación

5.5. Resultados Gráficos

La segunda funcionalidad a la que se accede desde la ventana principal es la de *Resultados Gráficos*. Al pulsar el botón correspondiente del menú principal se accede a esta ventana (Figura 30) en la que aparecen 3 botones, los cuales se corresponden con los 3 principales parámetros a controlar: glucosa, hemoglobina glicosilada y presión arterial.

Figura 34: Pantalla nuevo registro de alimentación

Figura 35: Pantalla de historiales gráficos

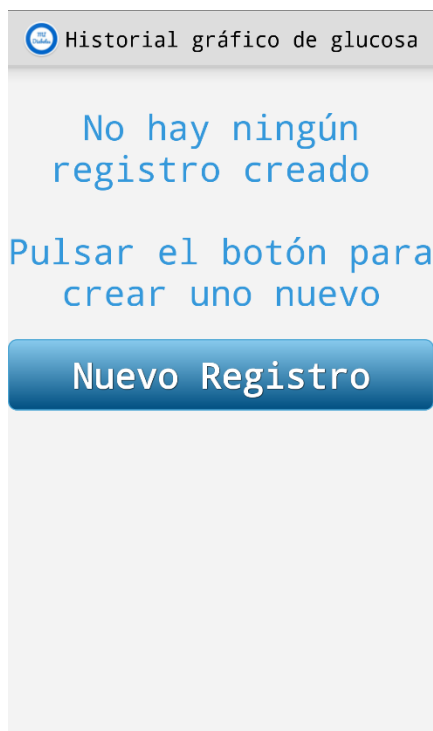


Figura 36: Pantalla de advertencia - No existen registros

Al igual que ocurría en el caso de las ventanas de nuevo registro, las ventanas correspondientes a historiales gráficos guardan muchas similitudes y se diferencian en algunos detalles.

En caso de que no existan anotaciones en cualquiera de las 3 ventanas se visualizará una pantalla (Figura 31) en la que se notificará la ausencia de datos y se habilitará un botón para añadir un nuevo registro.

5.5.1. Glucosa

El primer botón nos lleva a la ventana de historiales gráficos de glucosa. En ella se visualiza un diagrama de barras cuyos ejes son nivel de glucosa (ordenadas) – tiempo (abscisas). Cada barra representa un día y puede tener dos medidas (o sólo una) en dos colores indicando la medición antes y después de una comida.

En las imágenes (Figuras 32 y 33) se puede observar cómo se representan las mediciones con las diferentes unidades de medida.

5.5.2. HbA1c

Pulsando el segundo botón se accede a la ventana de historiales gráficos de HbA1c, en la que se visualizará un diagrama de barras cuyos ejes son nivel de HbA1c (ordenadas) – tiempo (abscisas). Igual que en el caso de la glucosa cada barra representa un día, pero solo puede haber una medida diaria.

En las imágenes (Figuras 34 y 35) se puede observar cómo se representan las mediciones con las diferentes unidades de medida.

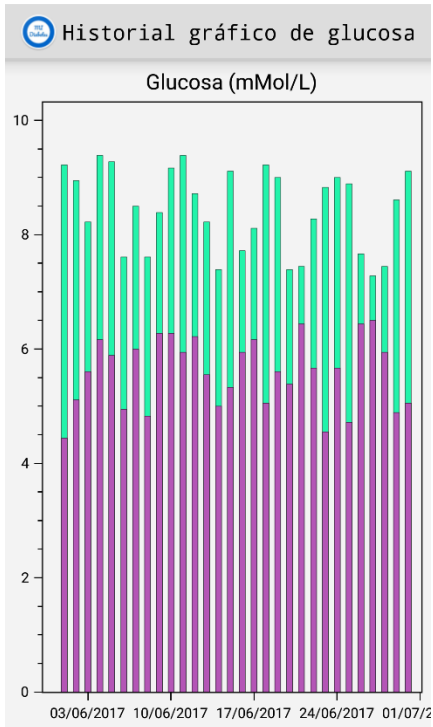


Figura 37: Diagrama de glucosa - mMol/L

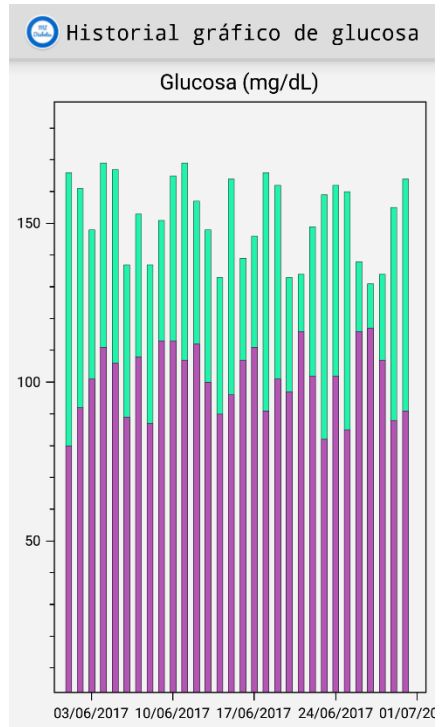


Figura 38: Diagrama de glucosa - mg/dL

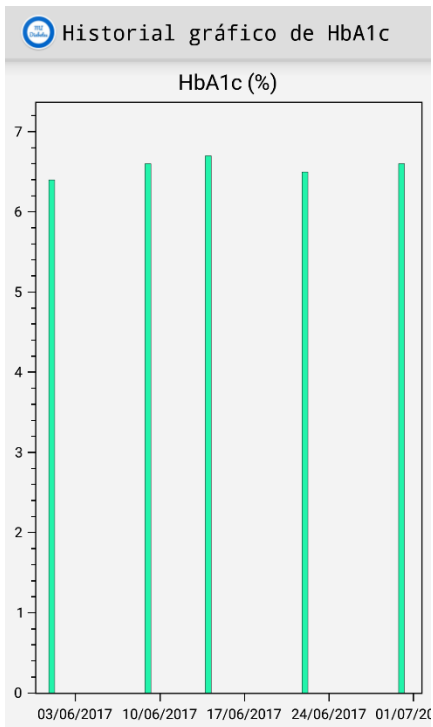


Figura 39: Diagrama HbA1c - Porcentaje

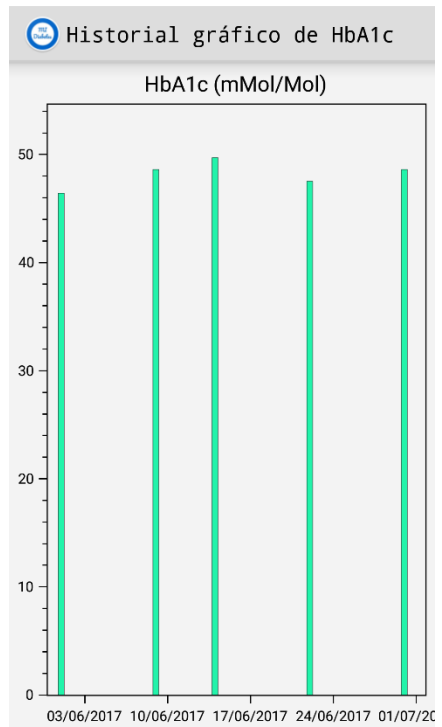


Figura 40: Diagrama HbA1c - mMol/Mol

5.5.3. Presión arterial

Mediante el tercer botón se accede a la ventana de historiales gráficos de presión arterial. En ella se visualiza un diagrama de barras (Figura 36) cuyos ejes son presión arterial (ordenadas) – tiempo (abscisas). Cada barra representa un día y puede tener dos medidas superpuestas (o sólo una) en diferentes colores indicando la presión arterial superior y la presión arterial inferior. A diferencia de los dos casos anteriores solo hay una unidad de medida (mm/Hg).

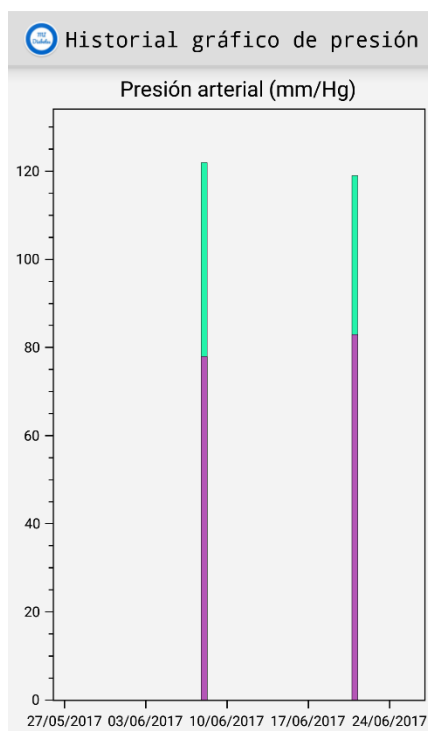


Figura 41: Diagrama presión arterial



Figura 42: Pantalla historiales

5.6. Historial

La tercera funcionalidad a la que se accede desde la ventana principal es la de *Historial*. Pulsando el botón correspondiente del menú principal se accede a esta ventana (Figura 37) que se diferencia de la ventana de resultados gráficos en 2 botones adicionales, los cuales se corresponden con los otros 2 parámetros a controlar: alimentación y ejercicio.

5.6.1. Glucosa

En la ventana de glucosa (Figura 38) se muestra la misma información que en el caso de los resultados gráficos además de un comentario que puede servir para indicar el momento del día en el que se realiza la medición.

5.6.2. HbA1c

En la ventana de HbA1c (Figura 39) sucede lo mismo que en el caso de los registros de glucosa. El comentario se puede utilizar para indicar la semana del mes o si la medición se ha realizado en casa o por el médico.

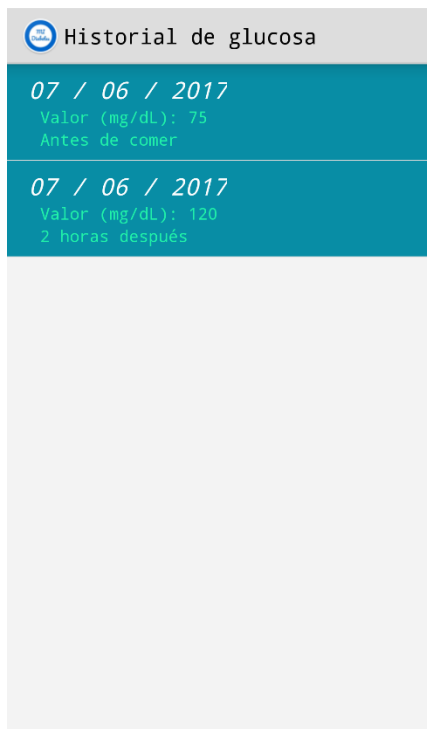


Figura 43: Pantalla historial glucosa



Figura 44: Pantalla historial HbA1c

5.6.3. Presión arterial

En la ventana de presión arterial (Figura 40) también sucede lo mismo que en los dos casos anteriores. En este caso el comentario puede utilizarse para indicar la hora del día o si se ha realizado en algún momento reseñable.

5.6.4. Alimentación

En la ventana de alimentación (Figura 41) como en los casos anteriores se muestra toda la información añadida en el registro. La observación se puede utilizar para indicar el tipo de alimento o de bebida. En este caso no hay límite de registros diarios.

5.6.5. Ejercicio

La ventana de ejercicio (Figura 42) es equivalente a la de alimentación, pero las calorías quemadas solo aparecerán si se ha indicado en las preferencias de la aplicación que se dispone de medidor de calorías. La observación se puede utilizar para indicar el tipo de ejercicio realizado. En este caso tampoco hay límite de registros diarios.

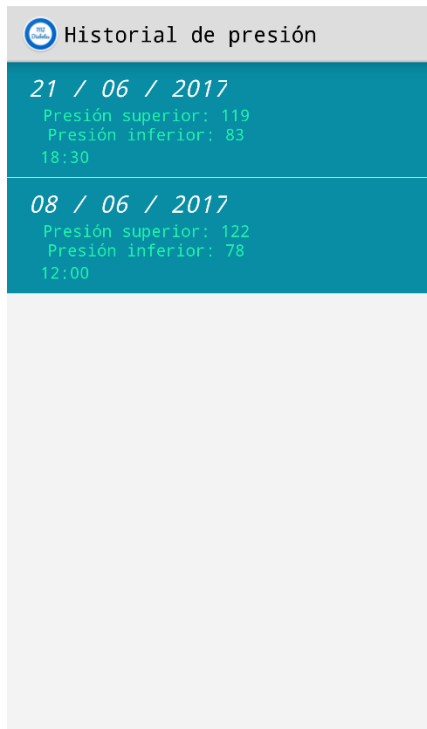


Figura 45: Pantalla historial presión arterial

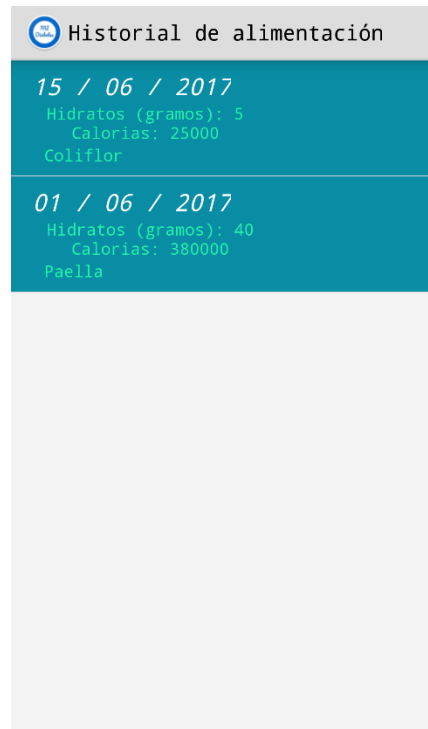


Figura 46: Pantalla historial alimentación



Figura 47: Pantalla historial ejercicio

5.7. Alarma recordatorio

La cuarta ventana a la que se puede acceder desde el menú principal es la de *Alarma recordatorio*. En esta pantalla (Figura 43) aparece un reloj, que se utiliza para seleccionar la hora a la que establecer la alarma; un breve texto en el que se indica que se debe pulsar el botón para encender o apagar la alarma (según el estado actual); y un botón que muestra el estado actual de la alarma y es utilizado como interruptor de encendido y apagado de la alarma.

Al habilitar el botón se establecerá la alarma a la hora indicada en el reloj y se mostrará un mensaje con el texto “Alarma activada” (Figura 44).

Al deshabilitar el botón la alarma se apagará.

Si se desea cambiar la hora de la alarma mientras está habilitada se debe apagar, seleccionar la nueva hora y volver a encender.



Figura 48: Pantalla alarma desactivada



Figura 49: Pantalla alarma activada

5.8. Preferencias

El último botón del menú principal se corresponde con la venta *Preferencias*. En esta ventana (Figura 45) aparecen 4 cajas de texto con un título y un texto:

- Unidad de glucosa
- Unidad HbA1c
- Unidad Alimentos
- Reloj Actividad

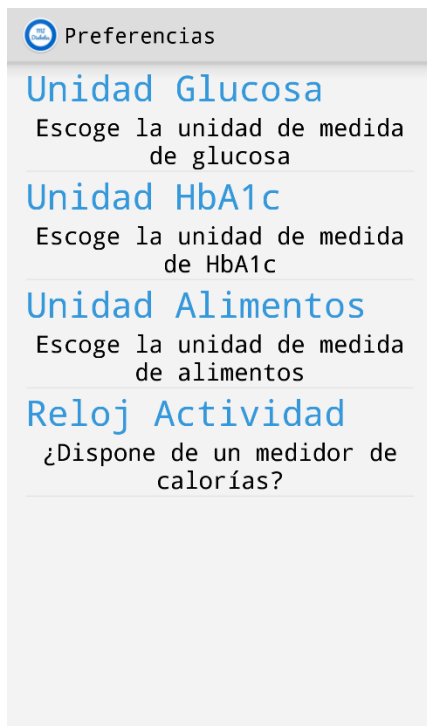


Figura 50: Pantalla preferencias

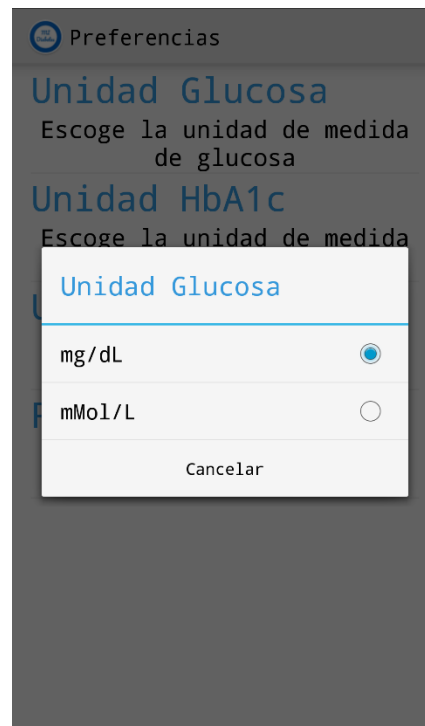


Figura 51: Ventana emergente preferencias

Las 3 primeras cajas se corresponden con las selecciones de las unidades de medida de glucosa, HbA1c y alimentos respectivamente, mientras que la última se corresponde con la opción de disponer de un medidor de calorías. Al pulsar cada caja de texto se habilitará una ventana (Figura 46) emergente en la que se podrá elegir la opción deseada.

6. Análisis técnico

Para comprobar el funcionamiento de la aplicación se realiza un examen que consiste en la comprobación del rendimiento de la propia aplicación en sus principales funcionalidades, como son la representación de los datos (almacenados por el propio usuario) tanto en formato gráfico como en formato de listado.

Las pruebas consisten en observar cómo afectan la cantidad de datos y el dispositivo móvil utilizado en el tiempo de obtención y representación de dichos datos.

Las pruebas se han realizado para dos móviles con diferentes memorias RAM (característica más influyente en el tiempo de reacción):

- Samsung Galaxy S3 Mini -> 1 GB RAM.
- BQ Aquaris M5 -> 2 GB RAM.

Las mediciones realizadas, para varias cantidades de registros (generados programáticamente con valores aleatorios), son los siguientes:

- Tiempo de carga de gráfica de datos.
- Tiempo necesario para desplazar la gráfica un periodo de 2 semanas.
- Tiempo de carga de historial de datos.

(Los tiempos medidos son valores aproximados, ya que tienen pequeñas fluctuaciones en cada prueba, obtenidos mediante las herramientas de diagnóstico de Visual Studio. Los tiempos inferiores a 0,2 segundos se han desestimado).

6.1. Resultados Samsung Galaxy S3 Mini

	< 50	<250	<500	1000
Cargar gráfica	0,2 segundos	0,5 segundos	1,5 segundos	2,5 segundos
Desplazamiento	Fluido	Fluido	0,4 segundos	0,75 segundos

Tabla 1: Resultados Análisis - Dispositivo Samsung Galaxy S3 Mini.

El tiempo de carga del historial de datos es prácticamente nulo para cualquier cantidad de datos.

6.2. Resultados BQ Aquaris M5

	< 50	<250	<500	1000
Cargar gráfica	0,2 segundos	0,2 segundos	0,5 segundos	1 segundo
Desplazamiento	Fluido	Fluido	0,2 segundos	0,5 segundos

Tabla 2: Resultados Analisis - Dispositivo BQ Aquarios M5.

Igual que en el caso anterior el tiempo de carga del historial de datos es prácticamente nulo para cualquier cantidad de datos.

6.3. Conclusiones

Una vez obtenidos los resultados prácticos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La visualización de los datos en forma de listado o historial se realiza de forma instantánea, esto demuestra que la consulta a base de datos mediante SQLite es realmente rápida.
- El tiempo para visualizar las gráficas de barras lógicamente es dependiente del número de registros almacenados, ya que requiere más recursos la impresión de elementos gráficos que la impresión de texto.
- En el caso de móviles con menos potencia como es en este caso el primer dispositivo, el tiempo aumenta respecto a otros móviles, especialmente cuando la carga de datos es bastante elevada.

En definitiva, los resultados indican que se trata de una aplicación ligera, y que hasta que no se alcanza un gran número de datos los tiempos de respuesta para la representación de los datos son prácticamente intrascendentes e incluso tratando con cantidades de unos 1000 registros el manejo de la aplicación no es excesivamente tedioso.

7. Glosario

IGT – Tolerancia alterada a la glucosa (Impaired glucose tolerance): categoría de glucosa en sangre por encima de los niveles normales, pero no lo suficientemente alta como para justificar un diagnóstico de diabetes. [3]

HbA1c – Hemoglobina glicosilada: Proteína formada por la unión de la hemoglobina y la glucosa de la sangre. [3]

IDE – Entorno de desarrollo integrado (Integrated development environment): software que contiene herramientas básicas para desarrolladores, necesario para escribir y probar nuevo software. Normalmente, contiene un editor de código, un compilador o un intérprete y un depurador a los que se accede a través de una única interfaz gráfica de usuario. Puede ser una aplicación independiente, o puede ser incluido como parte de una o más aplicaciones existentes y compatibles. [15]

SDK – Kit de desarrollo de software (Software Development Kit): conjunto de herramientas que ayudan a la programación de aplicaciones para un entorno tecnológico particular, tales como una interfaz de programación de aplicaciones (API), un entorno de desarrollo integrado, código de ejemplo, documentación o un emulador del entorno. [16]

Endianness – Formato con el que se almacenan los datos en una memoria. Big-endian almacena el byte más significativo primero, mientras que Little-endian almacena el byte de más peso al final. [17]

8. Referencias

- [1] "World Health Organization", *World Health Organization*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://www.who.int>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [2] "International Diabetes Federation - Home", *Idf.org*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://www.idf.org>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [3] "Diabetes.co.uk - the global diabetes community", *Diabetes.co.uk*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://www.diabetes.co.uk>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [4] "Normas APA", *Normasapa.net*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://normasapa.net>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [5] "Inicio - Atria Innovation", *Atria Innovation*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://atriainnovation.com>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [6] S. Luque, "Xataka Android - Sistema operativo móviles Google, Play store, Apps", *Xatakandroid.com*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://www.xatakandroid.com>. [Acceso: Junio - 2017].
- [7] "Tutorials for Android", *www.tutorialspoint.com*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://www.tutorialspoint.com>. [Acceso: Junio - 2017].
- [8] "Android Zone", *Android Zone*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://androidzone.org>. [Acceso: Junio - 2017].
- [9] "Android oficial web", *Android*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://android.com>. [Acceso: Junio - 2017].
- [10] "Guía de C#", *Docs.microsoft.com*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/csharp/>. [Acceso: Junio - 2017].
- [11] "Android", *Android*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://android.com>. [Acceso: Junio - 2017].
- [12] "Developer Center - Xamarin", *Developer.xamarin.com*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://developer.xamarin.com>. [Acceso: Junio - 2017].
- [13] L. Webster, "Visual Studio IDE, Code Editor, Team Services, & Mobile Center", *Visual Studio*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://www.visualstudio.com>. [Acceso: Junio - 2017].
- [14] "SQLite Home Page", *Sqlite.org*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://www.sqlite.org>. [Acceso: Junio - 2017].
- [15] "Software Quality information, news and tips - SearchSoftwareQuality", *Searchsoftwarequality.techtarget.com*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://searchsoftwarequality.techtarget.com/>. [Acceso: Junio - 2017].

- [16] "4R Soluciones | Diseño, Desarrollo y Programación Web & Mobile", *4R Soluciones / Diseño, Desarrollo y Programación Web & Mobile*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://www.4rsoluciones.com/>. [Acceso: Junio - 2017].
- [17] "UMD Department of Computer Science |", *Cs.umd.edu*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://www.cs.umd.edu/>. [Acceso: Junio - 2017].
- [18] Diabetes M, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mydiabetes>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [19] OnTrack Diabetes, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gexperts.ontrack>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [20] Diabetes Tracker, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=migi.app.diabetes>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [21] Diabetes – Diario de glucosa, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.szyk.diabetes>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [22] Diario de diabetes mySugr, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mysugr.android.companion>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [23] Mi Glycemia: diabetes libro, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.insyncapp.diabete>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [24] Diabetes diario, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.suderman.diabeteslog>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [25] Diabetes monitor, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=io.huanguyen.diabetesmonitor>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [26] Glucose Buddy: Diabetes Log, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.skyhealth.glucosebuddyfree>. [Acceso: Julio - 2017].
- [27] Diabetes Metrics, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.healthzini.diabetesmetrics.ui>. [Acceso: Julio - 2017].
- [28] Doottli: La diabetes fácil, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.modz.app>. [Acceso: Julio - 2017].
- [29] Glucosio: Medidor de diabetes, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.glucosio.android>. [Acceso: Junio - 2017].

- [30] Blood Glucose Tracker: La diabetes fácil, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=mobi.littlebytes.android.bloodglucosetracker>. [Acceso: Junio - 2017].
- [31] Diapp – Diabetes diario, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=pl.designcity.diapp>. [Acceso: Junio - 2017].
- [32] Mánager de glucosa, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=fr.leanweb.android.bloodsugarmanager>. [Acceso: Junio - 2017].
- [33] My diabetes diary, *Google Play*. [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=melstudio.msugar>. [Acceso: Junio - 2017].
- [34] Glucose Tracker, *Google Play*. [Online]. Disponible en: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.softgit.glucose_tracker. [Acceso: Junio - 2017].
- [35] "Seguimiento del paciente con diabetes | OneTouch®", *Onetouchla.com*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://www.onetouchla.com/ch/node/4368>. [Acceso: Julio - 2017].
- [36] "Control riguroso de la diabetes", *American Diabetes Association*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://www.diabetes.org/es/vivir-con-diabetes/tratamiento-y-cuidado/el-control-de-la-glucosa-en-la-sangre/control-riguroso-de-la-diabetes.html?referrer=https://www.google.es/>. [Acceso: Julio - 2017].
- [37] A1C, "Examen de A1C: MedlinePlus enciclopedia médica", *Medlineplus.gov*, 2017. [Online]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003640.htm>. [Acceso: Julio - 2017].
- [38] "HTA y diabetes", *Clubdelhipertenso.es*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://www.clubdelhipertenso.es/hta-y-diabetes>. [Acceso: Julio - 2017].
- [39] E. Piñana, "Curso Android gratis desde cero y paso a paso", *Aprendeandroid.com*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://www.aprendeandroid.com>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [40] "Máster en Desarrollo de Aplicaciones Android", *Androidcurso.com*, 2017. [Online]. Disponible en: <http://www.androidcurso.com/>. [Acceso: Mayo - 2017].
- [41] J. Nolasco Valenzuela, *Desarrollo de aplicaciones móviles con Android*. Ra-Ma Editorial, 2015.
- [42] J. Tomás Gironés, *El gran libro de Android*, 4th ed. Marcombo, S.A., 2014.