

Aplicación multiplataforma para gestión farmacológica del servicio de Neonatología (SAFINEo)

O. de Francisco Ortiz¹, D. Vera Carrillo², C. Gómez Fernández³, J.L. Leante Castellanos⁴

¹ Departamento Ingeniería Mecánica, Materiales y Fabricación, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España, oscar.defrancisco@upct.es

² Departamento Ingeniería Mecánica, Materiales y Fabricación, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España, david.verac@edu.upct.es

³ Unidad de Neonatología, Hospital General Universitario Santa Lucía, Cartagena, España, cristina.gomez3@carm.es

⁴ Unidad de Neonatología, Hospital General Universitario Santa Lucía, Cartagena, España, josel.leante@carm.es

Resumen

El desarrollo de la administración de medicación en unidades de recién nacidos sigue siendo un punto crítico debido a su complejidad y la necesidad de ajustarse a los cambios en la población neonatal según edad gestacional, días de vida, peso, patologías e incompatibilidades con otros fármacos. El proceso manual actual implica múltiples cálculos matemáticos que pueden resultar en errores médicos, complicaciones clínicas y mayores tiempos y costos de preparación. Para abordar estos desafíos, se ha elaborado una aplicación móvil que facilita y agiliza la preparación de medicamentos, basándose en las recomendaciones más recientes para la población neonatal. La aplicación, diseñada para dispositivos accesibles como tabletas y teléfonos inteligentes en las principales plataformas (Android e iOS), busca paliar efectos adversos y reducir los tiempos requeridos para mejorar la seguridad y eficiencia en la administración de medicamentos en recién nacidos.

1. Introducción

El cuidado de los neonatos en unidades de neonatología es una tarea altamente especializada y delicada. La administración precisa y segura de medicamentos es esencial para garantizar un adecuado tratamiento y minimizar los riesgos asociados a dosificaciones incorrectas [1]. La falta de preparaciones comerciales diseñadas específicamente para neonatos ha sido una problemática latente en esta área [2].

En la actualidad, la preparación y administración de fármacos en periodo neonatal es una tarea difícil debido a la falta de preparaciones comerciales específicas para esta población, lo que lleva a dosis poco definidas basadas en el peso o superficie corporal. Esta indefinición puede resultar en dosis tóxicas o ineficaces, con posibles efectos adversos. Además, la necesidad de diluir los fármacos de forma precisa antes de su administración parenteral al neonato aumenta la probabilidad de errores en el cálculo, elección del diluyente, estabilidad de la mezcla o concentración final [3].

Con el fin de mejorar este aspecto, se ha desarrollado SAFINEo, una aplicación móvil multiplataforma innovadora y versátil, creada por un equipo multidisciplinario de ingenieros, médicos y enfermeros especializados en neonatología, en colaboración con la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) y el servicio

de Neonatología del Hospital General Universitario Santa Lucía de Cartagena (HSL).

Esta aplicación, dirigida a pediatras y enfermeros, tiene el objetivo de agilizar, facilitar y precisar el cálculo de dosificaciones, diluciones y sueroterapias de los fármacos en neonatología, con el fin de reducir al máximo la tasa de errores descritos anteriormente.

Para su desarrollo, se utilizaron las plataformas IOS y Android, y los lenguajes de programación empleados fueron Swift [5] y Kotlin [6], respectivamente. La base de datos fue implementada y desplegada mediante Google Firebase, específicamente Firebase Firestore [7], que ofrece una variedad de utilidades para el lanzamiento de aplicaciones móviles y su monitoreo.

1.1. Motivación

La motivación detrás del desarrollo de SAFINEo radica en la necesidad de optimizar y precisar el cálculo de dosificaciones y diluciones de fármacos en neonatología. Los errores en la administración de medicamentos en esta población pueden tener consecuencias graves para la salud de los neonatos, ya que su organismo en desarrollo es particularmente sensible a cualquier variación en la dosis [4]. SAFINEo busca reducir al máximo la tasa de errores, agilizando el proceso de preparación y administración de medicamentos, lo que se traducirá en una atención más segura y eficaz para estos pequeños pacientes.

2. Desarrollo

El desarrollo de SAFINEo se ha realizado dentro de un proyecto conjunto entre de la UPCT y la unidad de Neonatología del HSL. Basado en una estrecha colaboración entre ingenieros y expertos en neonatología, permitió una comprensión profunda de las necesidades y requerimientos específicos del servicio de neonatología. La aplicación se ha diseñado para las plataformas IOS y Android, utilizando los lenguajes de programación Swift y Kotlin, respectivamente. La base de datos se implementó utilizando la plataforma Google Firebase, que proporciona una sólida infraestructura para el lanzamiento de aplicaciones móviles y el seguimiento de su uso (Figura 1).

Para la concepción de la APP se han seguido los estándares y regulaciones más relevantes como son la ley de protección de datos, normas de calidad y seguridad de

datos de salud (ISO 27001), normativas de recetas electrónicas, farmacovigilancia y para historias clínicas electrónicas (HCE) así como estándares de interoperatividad (HL7 y CDA) y de accesibilidad y usabilidad. Finalmente, también se tuvieron en cuenta las regulaciones de la AEMPS en España.

Las herramientas de programación o IDEs (Entornos de Desarrollo Integrado) utilizadas para el desarrollo de la aplicación SAFINeo han sido Android Studio y Xcode. Estas plataformas proporcionan un conjunto de herramientas en una sola interfaz gráfica, que incluye un editor de código fuente, compilaciones locales automatizadas y un depurador para encontrar errores en la aplicación.

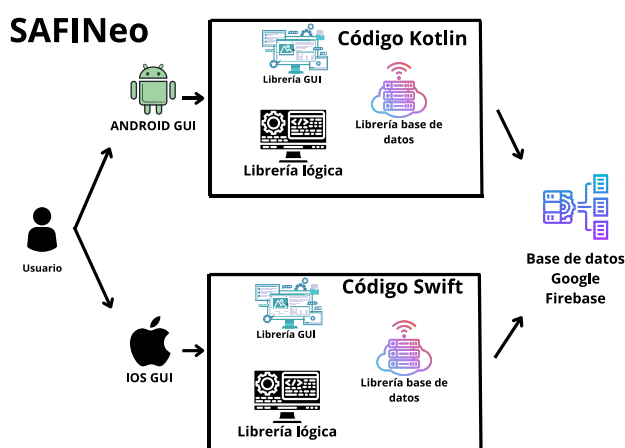


Figura 1. Arquitectura de la APP

Android Studio, el IDE oficial para el desarrollo de aplicaciones Android, está basado en IntelliJ IDEA y ofrece un potente editor de texto y herramientas necesarias para la implementación de aplicaciones. Entre sus características se encuentran un sistema de compilación flexible, un emulador rápido y eficaz, y la integración con GitHub, entre otros.

Por otro lado, Xcode es el IDE creado por Apple para el desarrollo de aplicaciones iOS y macOS. Ofrece una amplia variedad de funciones y herramientas para la creación y edición de código, así como un simulador de dispositivos iOS y macOS para probar y depurar aplicaciones sin necesidad de tener un dispositivo físico.

Los lenguajes de programación empleados en el desarrollo de SAFINeo han sido Kotlin y Swift. Kotlin, un lenguaje de código abierto creado por JetBrains, es utilizado para mejorar la productividad y legibilidad del código en aplicaciones de Android, combinando características orientadas a objetos y funcionales. Swift, desarrollado por Apple, es un lenguaje moderno y multiplataforma utilizado en aplicaciones iOS, macOS, watchOS y tvOS. Ambos lenguajes destacan por su seguridad, velocidad y facilidad de uso.

Para la implementación de la base de datos en SAFINeo, se ha utilizado Google Firebase, específicamente Firestore. Firebase es una plataforma móvil y web adquirida por Google que proporciona diversas

herramientas y servicios en la nube para el desarrollo de aplicaciones. Firestore, una base de datos NoSQL en tiempo real, permite almacenar y sincronizar datos en tiempo real, brindando una experiencia de usuario rápida y fluida. Su escalabilidad y capacidad para manejar grandes cantidades de datos lo convierten en una opción ideal para la aplicación SAFINeo.

Para el diseño de la aplicación se incluyeron en la base de datos todos los fármacos utilizados en la Unidad de Neonatología clasificándolos por clases y familias tras un profundo estudio de características similares.

Para cada fármaco se dispone de las opciones del cálculo de dosificaciones y diluciones en función de las características del paciente como edad gestacional, días de vida y peso. Adicionalmente se incluye información del fármaco relacionada con la presentación, efectos adversos, administración, indicaciones, monitorización e incompatibilidades (Figura 2).



Figura 2. Pantalla principal fármaco Aciclovir

Por otra parte, se dispone de dos opciones/pantallas adicionales:

- Medicación de urgencia: Esta opción calcula de manera conjunta la dosificación y la dilución necesaria de los fármacos utilizados para atender de forma rápida y efectiva a los recién nacidos que requieren cuidados intensivos y/o se encuentran en situaciones de urgencia o emergencia. Estos medicamentos se administran en casos críticos, como problemas respiratorios, infecciones y trastornos cardiovasculares, entre otras emergencias médicas que ponen en riesgo la vida del neonato (Figura 3). El objetivo de la

medicación de urgencia es estabilizar al paciente y mejorar su condición en situaciones críticas.

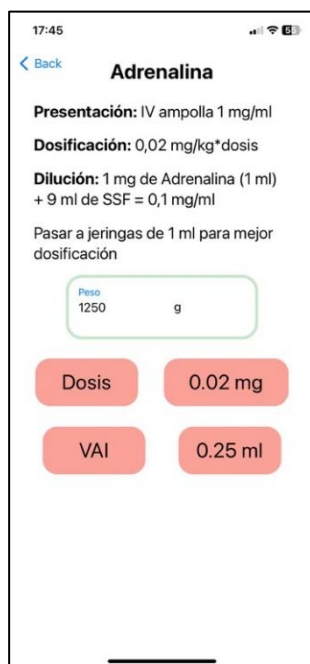


Figura 3. Ejemplo fármaco medicación de urgencia

- Sueroterapia: Esta opción realiza cálculos de las cantidades necesarias a utilizar, extraer y diluir para la preparación del suero hipertónico, heparinizado y glucosado, con el fin de preparar la mezcla prescrita por el facultativo (Figura 4). La sueroterapia consiste en administrar soluciones intravenosas para mantener el equilibrio de líquidos y electrolitos en el neonato.

Esta terapia es fundamental en el cuidado neonatal, ya que los recién nacidos son particularmente susceptibles a desequilibrios hídricos y necesitan un control preciso de sus niveles de fluidos y electrolitos para mantener su salud y bienestar.

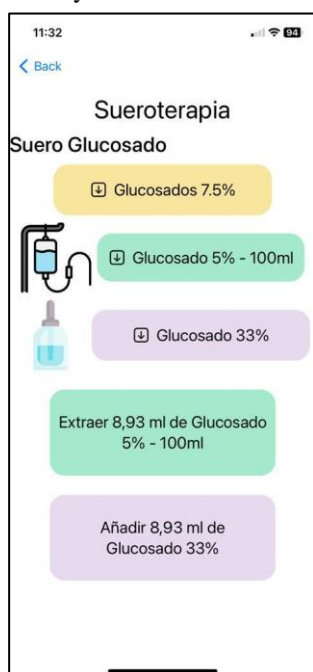


Figura 4. Ejemplo pantalla Sueroterapia: Suero Glucosado

Estas dos opciones adicionales amplían las capacidades de la aplicación, proporcionando herramientas precisas y confiables para el cálculo y administración de medicamentos en neonatología. Su implementación promete mejorar significativamente la atención médica neonatal en situaciones de urgencia y emergencia, brindando a los profesionales de la salud una herramienta esencial en el cuidado y bienestar de los recién nacidos.

3. Estructura

3.1. Patrón de programación VMMV

El patrón VMMV es una variante del patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC), que busca desacoplar la lógica de presentación de la vista y mejorar la testabilidad de la aplicación. En VMMV, la comunicación entre la vista y el modelo se realiza a través de un componente intermediario conocido como ViewModel (Figura 5). Esta separación permite un mejor manejo de la lógica de negocio y aumenta la flexibilidad para realizar pruebas unitarias.

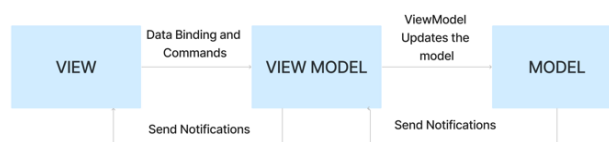


Figura 5. Patrón de programación VMMV

En el contexto de Kotlin, la implementación del patrón VMMV se facilita gracias a la compatibilidad inherente del lenguaje con programación funcional y orientada a objetos. Los ViewModel se encargan de manejar el estado de la vista y procesar las interacciones del usuario, mientras que los Modelos representan la capa de acceso a datos y lógica de negocio. Además, Kotlin ofrece bibliotecas y herramientas que favorecen la adopción del patrón VMMV, simplificando así su integración en el desarrollo de aplicaciones móviles.

En el contexto de Swift, el patrón VMMV se implementa mediante clases y estructuras que representan los modelos y ViewModels respectivamente. La estructura de tipos del lenguaje, junto con el uso de protocolos y extensiones, permite una implementación clara y eficiente del patrón VMMV. Además, la herramienta de enlace de datos nativa de Swift, SwiftUI, facilita aún más la adopción del patrón, permitiendo una interacción fluida entre los componentes de la arquitectura.

El desarrollo del software se realizó utilizando un modelo de desarrollo en V (V-Model) que, aunque basado en un modelo en cascada (Waterfall), enfatiza la realización de pruebas en cada etapa del desarrollo garantizando así la calidad final del producto.

3.2. Estructura base de datos

Firestore es una base de datos NoSQL, orientada a documentos, proporcionada por Google como parte de su plataforma Firebase. Es una solución escalable, flexible y en tiempo real, diseñada para almacenar, sincronizar y recuperar datos para aplicaciones web y móviles. La estructura de Firestore se basa en colecciones, documentos y campos, lo que la hace adecuada para una variedad de

casos de uso, desde aplicaciones simples hasta aplicaciones empresariales complejas.

En SAFINeo existen dos colecciones que engloban la base de datos, Fármacos y Medicación de Urgencia. En el primero se encuentran todos los fármacos presentes en la aplicación, cada fármaco es un documento. En cada documento (fármaco) existen diferentes campos entre los que destacan Nombre, Administración, Efectos adversos, Incompatibilidades, Indicaciones, Monitorización, Presentación... Todos estos campos son de tipo String ya que contienen la información relacionada. Los documentos están también compuestos de otros tipos de campos como son Concentración, Dosis, tipo de dosificación...(Figura 6). Estos campos son de tipo int o float dependiendo de la característica de cada uno. En Medicación de Urgencia, se encuentra los fármacos presentes en esta sección, como anteriormente cada fármaco es un documento y en él se encuentra campos más específicos de cada fármaco.

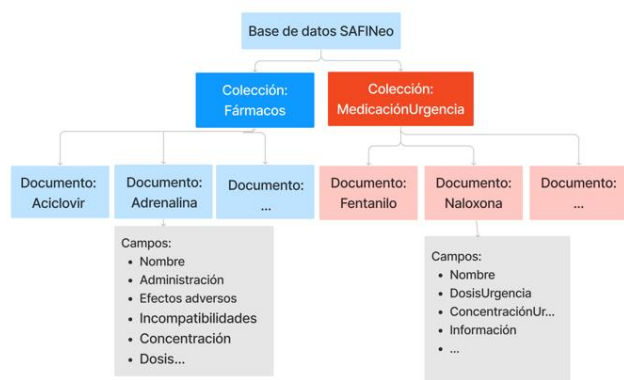


Figura 6. Estructura de la base de datos

4. Proceso de pruebas

Una etapa fundamental en el desarrollo de SAFINeo fue su evaluación en el entorno clínico real del servicio de Neonatología. La aplicación fue puesta a prueba por pediatras y enfermeros especializados, quienes proporcionaron retroalimentación valiosa sobre su funcionamiento y utilidad. Durante las pruebas, se recopilaron datos para validar la precisión de las dosificaciones y diluciones calculadas por SAFINeo, comparándolas con las prácticas convencionales. Los errores en los cálculos de dosificaciones, diluciones y sueroterapia se redujeron a un 0% durante el período de pruebas (Grupo de control de 10 profesionales sanitarios durante 15 días de uso).

5. Conclusiones

La aplicación SAFINeo ha demostrado ser una herramienta prometedora y valiosa en el servicio de neonatología. Su capacidad para calcular con precisión las dosificaciones y diluciones de fármacos ha sido confirmada durante las pruebas realizadas en un entorno clínico real. SAFINeo ofrece una interfaz intuitiva y fácil de usar, lo que facilita su adopción por parte de los profesionales de la salud. Su implementación en el servicio de Neonatología del Hospital Universitario Santa Lucía de Cartagena ha

mostrado resultados alentadores en la reducción de errores y mejora de la seguridad en la administración de medicamentos.

5.1. Trabajo Futuro

A pesar de los logros alcanzados, el desarrollo de SAFINeo sigue siendo un proceso continuo. Entre los trabajos futuros, se contempla la ampliación de la base de datos de medicamentos, incluyendo nuevos fármacos y preparaciones. Asimismo, se buscará la integración de SAFINeo con sistemas de registro de pacientes y la posibilidad de compartir datos con otros profesionales de la salud. La aplicación se ha desarrollado con el objetivo de facilitar su integración en el sistema sanitario actual, incluyendo su conexión con los sistemas de EHR (Electronic Health Record) como el CGM Selene utilizado en el hospital. Se espera que SAFINeo siga evolucionando para seguir mejorando la atención neonatal y convertirse en una herramienta indispensable para los profesionales en el cuidado de los neonatos.

Agradecimientos

Queremos agradecer sinceramente al alumno David Vera Carrillo por su destacada contribución en el desarrollo de la aplicación SAFINeo como parte del desarrollo de su TFM. Su habilidad y dedicación en la programación han sido fundamentales para el éxito de este proyecto científico. Su trabajo ha permitido crear una herramienta invaluable para mejorar la atención médica neonatal. Estamos agradecidos por su compromiso y entusiasmo en esta investigación.

Referencias

- [1] Chatterjee S. et al. Drug utilization study in a neonatology unit of a tertiary care hospital in eastern India. *Pharmacoepidemiology and drug safety*, vol. 16, no 10, 2007, p. 1141-1145 (ISSN:1099-1557).
- [2] Dotta A, Braguglia A, Salvatori G. Pharmacological research in neonatology. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, vol. 24, no sup1, 2011, p. 44-46 (ISSN: 1476-4954).
- [3] Quesada A, López O, Jiménez E, Cabañas MJ. Guía de administración de fármacos en el período neonatal para enfermería. Elsevier Spain, 2009 (ISBN: 978-84-7592-7756)
- [4] Benitz W. Infectious Disease and Pharmacology: Neonatology Questions and Controversies. Elsevier Health Sciences, 2018 (ISBN: 032354391X).
- [5] García CG, et al. Swift vs. objective-c: A new programming language. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence (IJIMAI)*, 2015, vol. 3, no 3, p. 74-81. DOI:10.9781/ijimai.2015.3310
- [6] Horton J. Android Programming with Kotlin for Beginners: Build Android apps starting from zero programming experience with the new Kotlin programming language. Packt Publishing Ltd, 2019 (ISBN: 1789615402)
- [7] Moroney L. The firebase realtime database. *The Definitive Guide to Firebase: Build Android Apps on Google's Mobile Platform*, 2017, p. 51-71 (ISBN: 1484229428).