Arquitectura móvil multiplataforma para el registro estructurado de variables ecológicas y geológicas (Geospatial Environmental Monitoring System GEMS)

Jose Salamanca, Dumar Malpica, Nicolas Tinjacá
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
jose.salamanca05@uptc.edu.co, dumar.malpica@uptc.edu.co, nicolas.tinjaca@uptc.edu.co

Resumen

El presente documento propone el diseño y la implementación de una arquitectura móvil multiplataforma con el fin de registrar de manera estructurada variables ecológicas y geológicas, la implementación usa el lenguaje Dart y el framework Flutter, esto nos permite desplegar sin inconvenientes en distintos dispositivos, además está diseñado para operar en entornos de campo donde la conectividad es limitada o nula.

Introducción:

El trabajo en campo realizado por biólogos y geólogos pertenecientes a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia es el pilar fundamental para la investigación institucional, estas tareas incluyen muestreo de suelos, agua, especies y vegetación demandan altos niveles de precisión exactitud y consistencia, el uso del aplicativo anterior impedía la toma correcta de estos datos impidiendo el tratamiento de la información.

Ante este escenario, se ve la necesidad de desarrollar una solución tecnológica que les permita recolectar la información en campo de una manera eficiente que facilite la integración con sistemas oficiales, por lo tanto este proyecto abarca desde el levantamiento de sus requerimientos hasta la validación del sistema mediante métricas de usabilidad y rendimiento, para finalizar con el aplicativo completamente funcional, con escalamiento para trabajos futuros com puede ser la incorporacion de nuevas funcionalidades o más tipos de recoleccion.

Planteamiento del problema

Los biólogos y geólogos afines a proyectos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia tienen tareas que involucran salir a campo con diversos objetivos. Entre ellos está el registro de muestras de agua, suelo y especies y vegetación.22

Para este proceso se necesita precisión, exactitud y consistencia en los datos.

En experiencias previas los profesionales trabajan con sistemas que les permitían realizar registros incompletos e inconsistentes, haciendo de su trabajo un proceso más difícil.

Asimismo, para el proceso de exportación de datos se tenía que hacer un tratamiento, que no proporcionaba el sistema. Adicionalmente, no contando con la licencia de ningún sistema ni propiedad en los datos recaudados.

La importancia de este problema radica en la falta de precisión y disponibilidad de sistemas para este proceso. Además de la falta de una fuente de datos propia de propiedad y uso para investigación en la UPTC.

¿Cómo desarrollar un Sistema que permita recolectar información en campo para fines investigativos y su integración con sistemas oficiales?

Justificación

El desarrollo de un sistema de recolección de datos en campo es importante debido a las dificultades que enfrentan los investigadores al registrar información de muestras de agua, suelos, especies y vegetación mediante datos que permiten datos incompletos e inconsistentes. La implementación de una solución tecnológica permitirá mejorar la precisión y consistencia de

los datos recolectados, facilitando su procesamiento y análisis. Este sistema beneficiará a los investigadores vinculados a proyectos de investigación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, al proporcionarles herramientas de registro y gestión de los datos. Además de crear una fuente de datos propia para la universidad que podrá ser utilizada en investigaciones futuras y en la integración con sistemas oficiales.

Objetivo general

Diseñar e implementar una arquitectura multiplataforma para el registro estructurado de variables ecológicas y geológicas, con el fin de optimizar el tiempo de recolección en campo y garantizar la integridad de los datos.

Objetivos específicos

- Levantar y analizar los requerimientos funcionales y operativos del equipo de campo para diseñar la interfaz de usuario y la estructura de la base de datos.
- Desarrollar los módulos de la aplicación móvil implementando la lógica condicional, captura de coordenadas GPS y almacenamiento offline.
- Ejecutar pruebas de usabilidad y rendimiento en entornos reales de muestreo para validar la estabilidad del sistema y la precisión de los datos.
- Elaborar documentación técnica y el manual operativo del sistema para facilitar su despliegue, mantenimiento futuro y adopción por parte de los interesados.

Alcance del Proyecto

El proyecto abarca el ciclo completo de desarrollo de software, empezando por el levantamiento y validación de requerimientos por especialistas en biología y geología. Incluye el diseño de interfaces UX/UI, el desarrollo de código frontend (Aplicación móvil multiplataforma) y la estructuración de la base de datos local. De igual forma, contempla la ejecución de pruebas en campo para la detección de errores (QA), la depuración del sistema y finaliza con la aplicación funcional instalada y su respectiva documentación técnica.

Alcance del producto

Arquitectura multiplataforma de registro estructurado de variables ecológicas que implementa servicio de usuario, registros georeferenciados de salidas al campo, visualización y exportación de datos.

Resultados y Análisis

En reuniones con los interesados se encontraron necesidades y problemas a resolver. A continuación se describe la solución propuesta para cada uno.

Registro de IDs

> Para evitar errores de digitación en los campos se aplicará un sistema de autoincremento basado en prefijos. El Id estara compuesto por un prefijo seguido de un número secuencial que tenga al menos 3 o 4 dígitos, cuando el investigador seleccione la “matriz” o el “tipo de vegetación” la aplicación le asignará de forma automática el prefijo correspondiente, como por ejemplo AR(arbórea), HE(Herbácea), SU(Suelo), AG(agua). La base de datos consultara el último registro guardado de la categoría y le sumará 1 de forma automática, por ejemplo si el ultimo arbol registrado fue Ar042, el siguiente registro tendrá el Id AR043

Gestión de Fotografías

> Debido a que las fotografías (panorámica, hoja, fruto, etc) son usadas para la validación y el análisis posterior, el flujo de las capturas se diseñara de la siguiente manera:

- EL formulario con n slots para las imágenes, la aplicación restringe la acción de “guardar” si no contienen una fotografía (Solo en casos específicos).
- La app renombrara la fotografía automáticamente, se concatenar el Id del tipo de registro, las iniciales del ID de expedición y el timestamp, por ejemplo AR-VEG_20260307_1030.jpg

Uso del GPS

Para el desarrollo de la aplicación se optó porque el registro de las coordenadas de la fase inicial se realice exclusivamente por medio del Gps estándar que tienen los teléfonos esto debido a los siguientes motivos:

- La integración de api’s de ubicación que ya son nativas del celular permite desarrollar la aplicación, probarla y desplegarla de una manera mucho mas rapida respecto a las limitaciones de tiempo que tiene el proyecto actual

- Al depender únicamente del hardware estándar de los teléfonos cualquier personas podrá utilizar la aplicación sin necesidad de cargar o saber operar equipo topografico

Manejo de Roles y visibilidad de la información

Para un sistema como este es vital tener un sistema de usuarios. Con este alineamos el manejo de la interfaz, que dependerá de roles asignados a cada usuario, además de acceso privilegiado a información y funcionalidades adicionales.

Manejo de diferentes expediciones

Para asegurar la identidad y etiquetado de los datos, se implementa una funcionalidad que permitirá a los profesionales crear grupos a los que los demás usuarios se podrán inscribir. Funcionara como grupos que especificara el lugar, zona, razón, etc de la toma de datos.

Disponibilidad de la información

La información de las expediciones estará disponible para todos los usuarios interesados. La descarga será en formato csv y xlsm solicitado por los interesados en rango de fechas a convenir. La información exportada tendrá una estructura por defecto ya solicitada.

Con base al sistema actual de registro, se propone la implementación de las siguientes funcionalidades:

Previsualización espacial en el campo

Dado el contexto de uso de la aplicación, se usarán los datos de GPS guardados para crear una previsualización. Se marcará en un mapa en un radio de uno a dos kilómetros. El objetivo de esto es, dar ilustración y calidad a los datos, proporcionar interactividad, y auditoría espacial antes de acciones posteriores.

El costo del error bajará considerablemente y se evitarán demoras de días por falta de corroboración de la información. Si un registro de coordenadas sale mal, el usuario lo sabrá por la previsualización, arreglándose esperando nuevamente la calibración del gps, solucionandose en 30 segundos.

Búsqueda por parámetros específicos

Es importante para los usuarios hacer consultas a la información, con distintos objetivos. El objetivo es ofrecer una herramienta para consultar registros, asegurar comodidad y disponibilidad de los datos.

Exportación de información

Generación de reportes y exportación de bases de datos limpias en formato xlsx y csv, listas para uso en SIG (Sistemas de Información geográfica).

Planteamiento preliminar del Sistema

El requisito del cliente es una app móvil, se usará Dart como lenguaje central, junto a su framework Flutter para desarrollo de apps multiplataforma.

Tendrá una arquitectura modular dentro de una sola App Flutter. Todo vivirá en el mismo proyecto, pero cada responsabilidad está separada.

Dada la naturaleza de uso del sistema, se tiene que tener en cuenta la falta de conectividad en zonas apartadas y la disponibilidad de los datos en la nube. Por lo cual se usarán dos tipos de almacenamiento.
mantener una comunicación constante con los expertos.

El desarrollo del proyecto se hizo a través de ciclos de trabajos cortos y funcionales, donde en cada uno de los ciclos se integran nuevas funcionalidades al sistema, permitiendo de esta manera validar el progreso de la aplicación o corregir su rumbo si uno de los requerimientos cambia.

En cuanto al levantamiento de información y la validación de los diferentes formularios que tendrá la aplicación, se mantiene una comunicación directa con los profesionales del área garantizando de esa manera que los parámetros más críticos se implementen según como le sea más útil a los usuarios.

Finalmente al cierre de cada una de las iteraciones se registra con honestidad las tareas completadas y las horas invertidas con total honestidad, de la misma manera se reportan bloqueos técnicos y aprendizajes adquiridos para

Offline: Trabajaremos con Isar por ser la mejor opción para flutter, es robusto, soporta consultas complejas y funciona bien offline.

Online: Firebase Firestore y Storage para imágenes. La razón principal es su buena integración con flutter y su tier gratuito, que puede soportar el tráfico de pocos usuarios sin costo.

Se integrarán los dos para hacer un sistema de sincronización con la nube con registros locales.

Especificación de Extreme Programming - XP

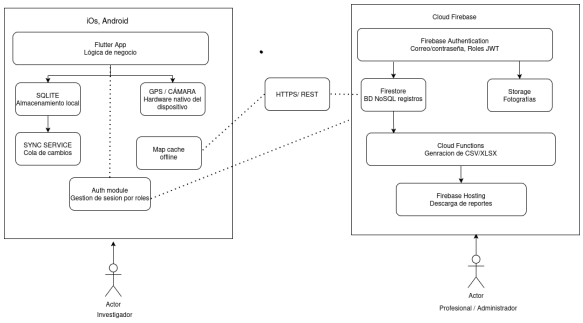
Para el desarrollo de la aplicación móvil de recolección de datos se adoptó la metodología ágil extreme programming, se decidió de esta manera debido a la necesidad del proyecto de adaptarse rápidamente a los requerimientos y

lograr fomentar la mejora continua y mantener un ritmo de trabajo predecible y sostenible para todos los miembros del equipo de trabajo. El registro del desarrollo se puede observar en el siguiente repositorio de Github.

Requisitos

La recolección de requisitos se llevó a cabo con ayuda de la metodología de entrevistas y propuestas. El resultado se encuentra en el siguiente recurso en Drive.

Diagrama de despliegue

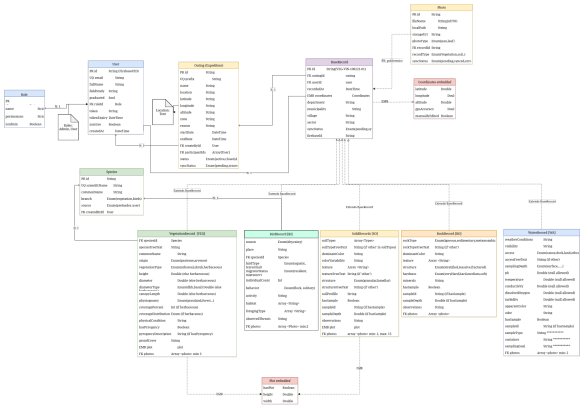


llamada BaseRecord. Esta entidad contiene los metadatos universales de cualquier muestra recolectada: identificador de la expedición (outingId), usuario creador (userId), marca de tiempo (recordedAt), estado de sincronización (syncStatus) y ubicación geográfica.

- Entidades Especializadas: De BaseRecord heredan los cinco módulos de recolección específicos: BirdRecord (Aves), RockRecord (Rocas), SoilRecord (Suelos), VegetationRecord (Vegetación) y WaterRecord (Agua). Cada uno añade sus propios atributos técnicos (ej. pH y turbidez en Agua, o tipo de roca y dureza en Rocas).

- Objetos Embebidos (Embedded): Para mantener la cohesión del documento, propiedades complejas como las Coordinates (latitud, longitud, altitud), las áreas de muestreo (Plot) y el arreglo de fotografías (Photo) se guardan embebidas dentro del mismo registro principal.

Diagrama de entidades



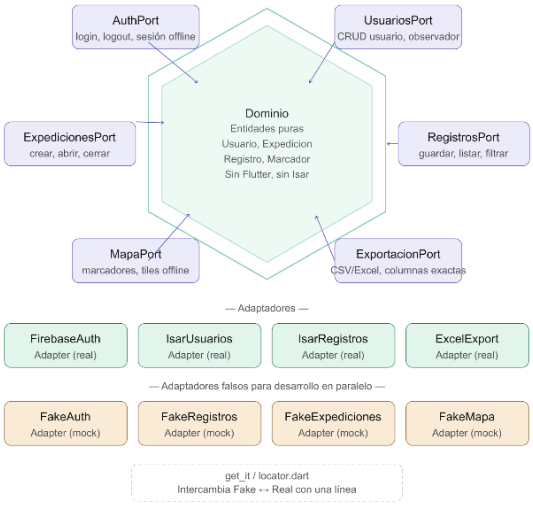
Como se muestra en el diagrama de entidades, toda la información del sistema está centralizada a través de un patrón de herencia para evitar la redundancia de datos:

- Entidades Administrativas: El sistema se rige por las entidades User (Biólogo/Investigador) y Role (Admin/User), las cuales interactúan directamente con la entidad Outing (Expedición). Una expedición agrupa múltiples usuarios bajo los arreglos de participantes y controla el marco temporal y espacial del trabajo en campo.

- Patrón de Herencia (BaseRecord): Para optimizar el modelado NoSQL, se implementó una superclase abstracta

Arquitectura

La app se rige por un diseño estricto y modular basado en una arquitectura Hexagonal clásica, descrita en el siguiente gráfico.


AuthPort
login, logout, sesión offline
UsuariosPort
CRUD usuario, observador
Dominio
Entidades puras
Usuario, Expedicion
Registro, Marcador
Sin Flutter, sin Isar
ExpedicionesPort
crear, abrir, cerrar
RegistrosPort
guardar, listar, filtrar
MapaPort
marcadores, tiles offline
ExportacionPort
CSV/Excel, columnas exactas
— Adaptadores —
FirebaseAuth
Adapter (real)
IsarUsuarios
Adapter (real)
IsarRegistros
Adapter (real)
ExcelExport
Adapter (real)
— Adaptadores falsos para desarrollo en paralelo —
FakeAuth
Adapter (mock)
FakeRegistros
Adapter (mock)
FakeExpediciones
Adapter (mock)
FakeMapa
Adapter (mock)
get_it / locator.dart
Intercambia Fake ↔ Real con una línea