

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Desarrollo e implementación del sistema para la gestión de la información de los contratos entre ISAGEN y sus contratistas – Caso de estudio: Contrato de mantenimiento en el área de hidrología de la Central Miel I

José Luis Giraldo Agudelo
jlgiraldoa@unal.edu.co

Leonardo Bermón Angarita
lbermona@unal.edu.co

Amparo Prieto Taborda
maprietot@unal.edu.co

26 de octubre de 2020

Contenido

RESUMEN	IV
ABSTRACT	VI
TABLA DE FIGURAS	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema.....	2
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivo General.....	6
1.4. Objetivos Específicos	7
1.5. Alcance.....	7
1.6. Metodología	8
2. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Referente Contextual	12
2.2. Referente Conceptual.....	12
2.2.1. Importancia de la hidrología	14
2.2.2. Taxonomía de la hidrología.....	15
2.2.3. Conceptos relacionados	17
2.2.4. Datos hidrológicos.....	17
2.2.5. Informes de mantenimiento	18
2.2.6. Tecnología de la hidrología	20
2.2.7. Red hidrológica.....	20
2.2.8. Estudios actuales acerca del tema en el país.....	20
2.2.9. Estudios Actuales respecto a temas hidrológicos en Colombia.....	21
2.2.10. Estudios actuales acerca del tema en el exterior	22
2.2.11. Revistas	24
2.3. Referente Metodológico	24
2.3.1. Ingeniería de software	24
2.3.2. Desarrollo de software.....	25
2.3.3. Arquitectura orientada a servicios SOA	26
2.3.4. Aplicación móvil	27
2.3.5. Página web	27

2.3.6.	Base de datos	28
3.	DESARROLLO	29
3.1.	Planteamiento metodológico	30
3.2.	Evaluación del sistema de gestión actual	38
3.3.	Requisitos de software	44
3.3.1.	Escenario	45
3.3.2.	Casos de uso	46
3.4.	Diseño	51
3.4.1.	Diagramas de secuencia general	51
3.4.2.	Diagramas de secuencia página web	52
3.4.3.	Diagramas de secuencia aplicación móvil	54
3.4.4.	Diagrama de estado	55
3.4.5.	Diagrama Entidad Relación	55
3.4.6.	Diseño de interfaz de usuario	58
3.5.	Diagrama de implementación	66
3.5.1.	Diagrama de componentes	66
3.5.2.	Diagrama de infraestructura	66
4.	VALIDACION	69
4.1.	Pruebas	69
4.1.1.	Inicio de sesión aplicación móvil	69
4.1.2.	Prueba de navegación módulo de inicio	70
4.1.3.	Prueba de registro de actividades	70
4.1.4.	Prueba módulo Historial	70
4.1.5.	Prueba módulo informes pendientes	70
4.1.6.	Inicio de sesión aplicación móvil	71
4.1.7.	Prueba módulo calendario aplicación móvil	71
4.1.8.	Prueba módulo de informes aplicación móvil	71
4.2.	Resultado de pruebas	72
5.	CONCLUSIONES	73
6.	REFERENCIAS	76

RESUMEN

ISAGEN es una empresa dedicada a la generación y comercialización de energía; creada en el año 1995 mediante el procedimiento mercantil de escisión (Ley 222 de 1995), transfiriendo los activos de generación eléctrica que en la época pertenecían a la Sociedad de Interconexión Eléctrica (ISA). Actualmente cuenta con siete centrales de generación de energía eléctrica, ubicadas en cuatro departamentos de Colombia y con una capacidad instalada total de 3.032 megavatios, ubicándose como la tercera generadora más grande del país.

Su principal fuente de generación es la hidroelectricidad con una capacidad de generación instalada de 2.732 megavatios. Los 300 megavatios restantes los genera a través de centrales termoeléctricas.

Dentro de las actividades que se desarrollan en el proceso de generación de energía eléctrica, están las que corresponden a la hidrología, mediante la cual se acopia información relevante sobre los sistemas hídricos alimentadores de los embalses; fundamentales para la toma de decisiones respecto de la generación y venta de energía.

Actualmente ISAGEN cuenta con una red automatizada, de estaciones hidrométricas y climatológicas, las cuales permiten recolectar información de sus principales cuencas y afluentes de manera remota, a través de un sistema de comunicación radial, celular y satelital.

ISAGEN para garantizar la mantenibilidad y la confiabilidad de estos sistemas y de la información que se captura a través de los mismos, cuenta con un contrato externo, para que sean otras empresas las que realicen el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y de los sistemas de telemetría que conforman la red automatizada de sus centrales hidroeléctricas.

Tradicionalmente, se han celebrado los contratos de hidrología con pequeñas y medianas empresas de la región donde se encuentra ubicada cada central hidroeléctrica. Estas empresas no cuentan con los mejores sistemas de información, y en algunos casos manejan parte de sus procesos

por medio de plantillas, manuales, físicas o digitales, pero de manera aislada, contrastando con los sistemas de Tecnología de la Información (TI) utilizados actualmente por ISAGEN, como son ERP SAP y herramientas software para la obtención de la información hidrológica (Loggernet, NOAA y Aquarius).

Por lo anterior, se plantea la implementación de herramientas de Tecnologías de Información, que para el caso serían, una aplicación móvil y una plataforma web, mediante la implementación de las metodologías Mobile-D y Kanban, enfocadas al desarrollo de la aplicación móvil y la plataforma web respectivamente, ambas elegidas por ser metodologías ágiles, prácticas y estructuradas que permiten dar soporte a la realización de proyectos de ingeniería de software complejos e innovadores. Lo anterior permitirá acelerar los procesos necesarios para realizar reportes de informes de mantenimiento y estado de las estaciones, optimizando así los recursos empleados actualmente y los procesos de gestión, con el fin de obtener resultados más eficientes que contribuyan a generar soluciones ágiles y oportunas, en el desarrollo de las actividades relacionadas con el área de hidrología; la herramienta finalmente desarrollada incluye los respectivos manuales y documentos técnicos que facilitaran la operación y manejo tanto de la aplicación como de la plataforma .

Palabras clave: Mobile-D, Kanban, metodologías ágiles, telemetría, hidrología.

ABSTRACT

Development and implementation of the information management system for contracts between ISAGEN and its contractors - Case study: Maintenance contract in the hydrology area of Central Miel I.

The energy generating and trading company ISAGEN, created in 1995, has seven electric power generation plants, located in four departments of Colombia, with a total capacity of 3,032 megawatts that place it as the third-largest generator in the country, whose main source of generation is hydroelectricity, with an installed generation capacity of 2,732 megawatts. The remaining 300 megawatts are generated through thermo-electric plants.

Among the activities that are developed in the electric power generation process, are those of hydrology, through which relevant information is collected on the water supply systems of the reservoirs, fundamental for making decisions regarding the generation and sale of energy.

ISAGEN has an automated network of hydrometric and climatological stations that allow to collect information from its main basins and tributaries remotely, through a radio, cellular, and satellite communication system and to guarantee the maintainability and reliability of these systems, it has an external contract so that other companies carry out the preventive and corrective maintenance service of the equipment and telemetry systems that make up the automated network of its hydroelectric plants.

The hydrology contracts, entered into in some cases with small and medium-sized companies in the regions where the hydroelectric plants are located, show that these companies do not have the best information systems, which is why they are forced to manage their processes through manual, physical or digital templates, but in isolation, in contrast to the Information Technology

(IT) systems used by ISAGEN, such as ERP SAP and software tools for obtaining hydrological information (Loggernet, NOAA and Aquarius).

Therefore, the implementation of Information Technology tools is proposed, which in the case would be a mobile application and a web platform, through the implementation of Mobile-D and Kanban methodologies, focused on the development of the mobile application and the platform. Web respectively, chosen for being practical and structured agile methodologies that allow supporting the realization of complex and innovative software engineering projects, which will allow accelerating the processes necessary to carry out maintenance reports and status of the stations, optimizing resources and obtaining more efficient results that contribute to generating agile and timely solutions in the development of activities related to the area of hydrology. The finally developed tool includes the respective manuals and technical documents that will facilitate the operation and management of the application and the platform.

Keywords: Mobile-D, Kanban, agile methodologies, telemetry, hidrology.

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Definición de los tableros del método Kanban.....	11
Figura 2. Hilo conductor marco teórico.....	13
Figura 3. Clasificación de la hidrología.....	15
Figura 4. Aplicación de la hidrología.....	16
Figura 5. Modelo de desarrollo de software.....	26
Figura 6. Arquitectura Orientada a Servicios.....	26
Figura 7. Plan de trabajo ciclos Mobil-D.....	30
Figura 8. Tablero Kanban iteración uno, día uno.....	34
Figura 9. Tablero visual primeros ciclos de estabilización, asignación de nuevas tareas.....	35
Figura 10. Inserción de los valores de entradas en el código del programa.....	37
Figura 11. Resultado de pruebas utilizando el software Jasmine.....	37
Figura 12. Modelo BPM ISAGEN.....	39
Figura 13. Subproceso, revisión de las estaciones realizada por hidrometristas.....	39
Figura 14. Modelo BPM ACERTA.....	40
Figura 15. Subproceso, revisar solicitud de mantenimiento correctivo.....	41
Figura 16. Subproceso, realizar mantenimientos.....	41
Figura 17. Esquema de herramienta para la evaluación.....	43
Figura 18. Diagrama de casos de uso general.....	47
Figura 19. Secuencia de conexión al sistema.....	51
Figura 20. Secuencia para subir actividad SST.....	51
Figura 21. Secuencia para el cambio de contraseña.....	52
Figura 22. Secuencia para la generación de informes.....	52
Figura 23. Secuencia para crear o actualizar un trabajo.....	53
Figura 24. Secuencia para visualizar un informe.....	53
Figura 25. Secuencia para la actualización de un informe.....	54
Figura 26. Secuencia para visualizar calendario.....	54
Figura 27. Diagrama de estado Informe.....	55
Figura 28. Diagrama Entidad/Relación.....	55
Figura 29. Página de login a la aplicación web.....	58
Figura 30. Página del módulo de inicio, visualización de las pantallas disponibles en la página web.....	59
Figura 31. Página del módulo informes pendientes.....	59
Figura 32. Página del módulo de historial de mantenimientos.....	60
Figura 33. Página del módulo de calendario.....	61
Figura 34. Pop-up Ingresar actividad de mantenimiento en módulo calendario.....	61
Figura 35. Pantalla de inicio de sesión y pantalla slide opciones de usuario.....	62
Figura 36. Pantalla de calendario.....	63
Figura 37. Pantalla de resumen de actividad a realizar.....	63
Figura 38. Pantalla de creación de mantenimiento.....	64
Figura 39. Pantallas de procesos de actividades seguras SST.....	65
Figura 40. Diagrama general de componentes.....	66
Figura 41. Diagrama de infraestructura sistema T.I.....	67
Figura 42. Jerarquía Angular 8.6.....	67
Figura 43. Jerarquía IONIC 6.0.....	68

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto está enfocado en la identificación de una situación de mejora en el área de hidrología de la empresa ISAGEN, ya que, aunque esta cuenta con un sistema TI avanzado, las empresas proveedoras de los servicios de mantenimiento de las estaciones de hidrología, de sus Centrales Hidroeléctricas, que generalmente son pequeñas y medianas empresas, carecen de plataformas TI estructuradas dentro de sus sistemas de gestión.

Lo anterior se evidencia en la recolección, manejo organización y reporte de la información, que se realiza utilizando procedimientos tradicionales, representados en informes físicos y digitales, que hacen dispendiosa la tarea de elaborar informes, hacer reportes y entregarlos a los superiores jerárquicos, para que estos a su vez dispongan de los elementos de juicio suficientes para la toma de decisiones, las cuales muchas veces son tardías por la misma dinámica del ejercicio.

Como consecuencia se ve afectada la operación, el rendimiento y la productividad en la ejecución de las actividades asignadas a los operarios de campo, responsables de los procesos de mantenimiento.

La situación descrita se pudo evidenciar durante la ejecución de actividades de reconocimiento en campo, en desarrollo del análisis de diagnóstico para identificar la situación real.

La experiencia ha demostrado que las empresas sobreviven y crecen en la medida que brindan a sus usuarios, servicios y/o productos de calidad de manera ágil y oportuna, atendiendo no solo la satisfacción de sus necesidades sino también superando sus expectativas, lo cual conduce a la fidelización del cliente. Es así como a nivel empresarial, surge la necesidad de buscar alternativas que permitan crecer y mantenerse en el mercado, aprovechando los recursos necesarios para evitar el estancamiento o la desaparición, riesgo que para el caso que nos ocupa, están corriendo las pequeñas y medianas empresas proveedoras del mencionado servicio

Es evidente que la obtención y uso adecuado de las TI de parte de las Instituciones y/o entidades públicas o privadas, permiten optimizar los recursos (tiempo, espacio y dinero entre otros) lo que facilita el desarrollo de procesos a nivel interno y externo y la satisfacción de las necesidades tanto para el proveedor del servicio como para el usuario, configurándose así un sistema holístico donde las fuerzas actúan sinérgicamente para el cumplimiento de la misión a nivel empresarial.

Por lo anterior y en consideración a la situación descrita, respecto del servicio de mantenimiento de las estaciones de hidrología, en las Centrales Hidroeléctricas de ISAGEN, se hace perentoria la implementación de un sistema TI que facilite el desarrollo de los procesos, de manera que trabajando coordinadamente contratista y contratante, mejoren sus niveles de eficiencia y se eliminen de facto los inconvenientes que se generan por trabajar con instrumentos obsoletos, que se pueden obviar con el Desarrollo e implementación de un sistema informático para la gestión de la información de los contratos entre ISAGEN y sus contratistas, que consiste básicamente en una aplicación móvil y una plataforma web, mediante la utilización de las metodologías Mobile-D y Kanban, enfocadas al desarrollo de la aplicación móvil y la plataforma web respectivamente; para facilitar el acceso a una información útil, confiable y verificable, organizada cronológicamente, que permita hacer consultas rápidas, permanentes y pertinentes para la toma de decisiones de manera ágil y oportuna en el área de mantenimiento y hacer seguimiento a los procesos que se desarrollan en el cumplimiento de las actividades propias del contrato.

1.1. Problema

Los contratistas encargados de operar los sistemas y de realizar el mantenimiento de equipos de medición, tradicionalmente están representados por pequeñas y medianas empresas de las áreas de influencia de los embalses de ISAGEN, que no cuentan con TI (Tecnologías de información)

que les facilite realizar de manera eficiente estas labores, ni con el personal preparado; posiblemente porque no han sentido la necesidad de adquirirlos e implementarlos, lo que conlleva a plantear la siguiente problemática.

¿De qué forma se podría integrar un modelo de gestión actual de contratos de mantenimiento de hidrología de ISAGEN a través de una solución TI?

Con el fin de dar solución a esta problemática se plantea el desarrollo e implementación de una aplicación móvil complementada con una plataforma web, basadas en una arquitectura de software orientada a servicios, que modificará y mejorará la forma de almacenar los registros de las actividades realizadas en el mantenimiento de las estaciones hidrológicas y climatológicas y demás elementos que se manejan en el área de hidrología de las centrales Hidroeléctricas de ISAGEN; permitiendo acopiar información de campo en sitios remotos (estaciones) y posteriormente sincronizarla con una base de datos central, así mismo el sistema permitirá llevar un registro permanente de todas las actividades realizadas en las estaciones, facilitando a su vez a las empresas contratista y contratante, realizar un seguimiento continuo y en tiempo real, de las labores que están desarrollando sus operarios y el estado de las estaciones, con el fin de que garantizar la trazabilidad a lo largo de la cadena logística del contrato.

1.2. Justificación

“Las variables hidrológicas son indicadores importantes del cambio climático. Estas variables tienden a reflejar los cambios que pueden ayudar a entender las relaciones entre la hidrología y el clima. Numerosos estudios, han recogido diferentes variables para detectar el cambio climático”. (Pilón et al., 1991). La información obtenida de las variables hidrológicas y climatológicas en las estaciones instaladas por la empresa ISAGEN son de gran importancia, ya que los datos históricamente obtenidos, permiten la realización de pronósticos, en cuanto al comportamiento de

los principales afluentes que abastecen a las centrales hidroeléctricas; permiten de igual manera analizar los datos históricos del clima en la región, lo que hace perentorio que estas estaciones funcionen las 24 horas de los 365 días del año. Este servicio es el que prestan actualmente las empresas contratistas en el área de hidrología, por medio del contrato de mantenimientos preventivos y correctivos de las estaciones que conforman toda la red de información hidroclimatológica.

Actualmente la información de los mantenimientos a las estaciones hidro-climatológicas de las centrales hidroeléctricas de ISAGEN, es registrada manualmente por los técnicos, en planillas físicas e informes magnéticos, lo cual representa dificultades al momento de realizar consultas sobre visitas de campo, actividades realizadas y tareas pendientes; pues la información no se encuentra centralizada; tampoco existe una base de datos única con la información histórica de equipos, marca, referencia, fecha de instalación y fechas de vencimiento de calibraciones de equipos electrónicos, así como un inventario de repuestos para stock de seguridad.

“El entorno está sometido a variaciones rápidas (originadas por una globalización creciente y por cambios tecnológicos) y los clientes piden a cada proveedor y a sus competidores nuevas soluciones con características derivadas de las novedades tecnológicas”. (Zaratiegui,1999). Lo que hace necesario para las empresas contratistas, modernizar, innovar sus procesos y tecnificarse, si aspiran a permanecer en los mercados, desarrollarse y crecer, de lo contrario están condenadas a desaparecer.

“El uso de las Tecnologías de la Información y las comunicaciones (TIC) permite mejorar el flujo y manejo de la información, así como el desarrollo de la comunicación, y posibilita actuar directamente sobre la información”. (Navas,2008). Toda vez que el correcto uso de la TIC:

- Facilita las comunicaciones.

- Elimina las barreras de tiempo y espacio.
- Favorece la cooperación y colaboración entre distintas entidades.
- Aumenta la producción de bienes y servicios de valor agregado.
- Aumenta las respuestas innovadoras a los retos del futuro.
- La Internet, como herramienta estándar de comunicación, permite un acceso igualitario a la información y al conocimiento. (Navas,2008).

El escenario tecnológico actual posiciona a los desarrolladores de servicios, como la nueva fuerza de negocios en las redes de próxima generación, allí radica la importancia de unificar metodologías y entornos para el desarrollo de servicios, que faciliten la creación de éstos con alto nivel de calidad, llevando dicho desarrollo al éxito, de forma atractiva y eficiente. (Mantilla, 2014).

Por medio del desarrollo de la aplicación móvil, se pretende mejorar la forma de acopiar y almacenar los registros de los mantenimientos a las estaciones hidrométricas, climatológicas y a las redes de telemetría radial y satelital de las Centrales Hidroeléctricas de ISAGEN, permitiendo levantar información de las estaciones ya sea que estas se ubiquen en sitios muy remotos sin conexión a Internet, para posteriormente sincronizarse con una base de datos principal.

Con el desarrollo de la plataforma web, se logra mejorar el seguimiento que actualmente realiza ISAGEN a los contratos de mantenimiento de las estaciones hidrológicas, permitiendo desde un único sitio web consultar:

- Estado de las estaciones remotas.
- Estado de la información hidrológica y climatológica entregada por los equipos instalados en las estaciones remotas.
- Visitas programadas a las estaciones.
- Ubicación del personal contratista encargado de los mantenimientos.

- Datos históricos de los mantenimientos en cada estación.

Factores esenciales tanto para ISAGEN como para sus contratistas, toda vez que permiten alcanzar los objetivos y metas estratégicas y a su vez elevar en nivel de productividad y rentabilidad del contrato.

La disponibilidad de las mejoras tecnológicas, tanto en las redes de los operadores como en los dispositivos móviles, están creando en las personas la demanda del uso de nuevos servicios. Servicios que se basan en estas tecnologías para solucionar problemas específicos en el ámbito empresarial. (Autelsi, 2009).

Con la implementación de un sistema de Tecnología de Información de esta categoría, en las estaciones del área de hidrología de las centrales hidroeléctricas de ISAGEN, se optimizan los recursos de tiempo y dinero, y se mejoran y facilitan las condiciones para la realización del trabajo, tanto para los operarios encargados de los mantenimientos, como para los administradores del contrato. Finalmente se establece un sistema que permite agregar calidad a los procesos asociados al área de hidrología.

Es importante destacar que, como consecuencia de la implementación y uso de nuevas tecnologías en las empresas, surge la necesidad de formar a los trabajadores en el desarrollo y dominio de nuevas competencias de desempeño.

1.3. Objetivo General

Desarrollar e implementar una solución TI basada en la arquitectura orientada a servicios (SOA, por la sigla, Service Oriented Architectures), para la prestación del servicio de mantenimiento de las estaciones del área de hidrología en las diferentes centrales hidroeléctricas de ISAGEN.

1.4. Objetivos Específicos

- Identificar los fundamentos teóricos relacionados con la hidrología, los datos hidrológicos y las tecnologías de información que podrían aplicarse para optimizar y agilizar procesos de mantenimiento de estaciones hidrológicas.
- Evaluar el sistema de gestión actual, aplicado por los proveedores, para la prestación de servicios de mantenimiento de las estaciones del área de hidrología.
- Desarrollar un sistema de información (base de datos, página web y aplicación móvil) que reemplace los formatos físicos y magnéticos utilizados tradicionalmente y permita hacer seguimiento continuo del contrato de mantenimiento de estaciones hidrológicas entre ISAGEN y la empresa contratista.
- Integrar los sistemas de información desarrollados a las actividades propias del área de mantenimiento de estaciones del área de hidrología.

1.5. Alcance

Con el presente proyecto se pretende desarrollar un sistema de información TI que permita gestionar de forma integral todos los aspectos relevantes, asociados a las actividades del contrato de mantenimiento de las estaciones del área de hidrología, de las centrales hidroeléctricas de ISAGEN.

Una vez finalizadas las etapas de análisis y desarrollo, se pretende presentar los aplicativos funcionales de cada uno de los sistemas de información para evaluar su funcionamiento y detectar sus aciertos y sus fallas. Posteriormente se realizará una comparación de los sistemas de tecnología de Información diseñados, versus el sistema que actualmente se ha estado implementando, con el fin de justificar la validez del proyecto.

1.6. Metodología

Analizando cada una de las metodologías ágiles usadas para el desarrollo de software y observando el enfoque empresarial y académico que se pretende con este proyecto, para la aplicación móvil se empleará la metodología Mobile-D, que, aunque creada en el año 2005 actualmente sigue vigente como una de las metodologías ágiles más eficientes a la hora de realizar proyectos de desarrollo de software. (Abrahamsson et al.,2004).

Mobile-D combina la practicidad de la metodología Extreme Programming con la escalabilidad y los procesos unificados de desarrollo que propone el método RUP.

El enfoque Mobile-D que se pretende implementar en el proyecto, es el propuesto por (Rahimian y Ramsin, 2008), basado en una integración del desarrollo adaptativo del software (Adaptive Software Development, ASD) y el diseño de nuevos productos (New Product Development), combinando así el proceso de desarrollo clásico con los procesos generales de gestión, gestión de la configuración de software e integración continua.

Esta propuesta se divide en diferentes fases: exploración, inicialización, producción, estabilización y pruebas. Cada una de estas fases tiene un día de planificación, uno o más días de trabajo y un día de entrega.

- **Exploración:** Conceptos básicos y planificación del proyecto. Se define el alcance y se establecen las funcionalidades del proyecto (hasta donde se pretende llegar).
- **Inicialización:** Descripción y preparación de todos los componentes para la realización del proyecto. Se trata de predecir de igual manera, posibles inconvenientes críticos a futuro del proyecto.
- **Producto:** Desarrollo e implementación de las funcionalidades requeridas, usando el ciclo de desarrollo iterativo e incremental.

- **Estabilización:** una vez finalizada la etapa de producto, se integran cada uno de los módulos que se desarrollaron por ciclos y así formar la aplicación.
- **Pruebas:** Revisión de la aplicación según la solicitud del cliente y si contienen todas las funcionalidades requeridas. De ser necesario se corrigen errores, pero no se desarrolla código desde cero.

Desde la perspectiva del enfoque empresarial y académico que se pretende con este proyecto, se empleará la metodología ágil Kanban para el desarrollo de la aplicación web. Kanban se utiliza en el desarrollo de software desde el año 2004 cuando David Anderson introdujo la práctica mientras trabajaba en Microsoft (Anderson, 2010). Esta metodología ágil se basa en la implementación de tableros visuales o sistemas de tarjetas que busca mejorar el flujo de trabajo ya que su objetivo es poder gestionar de manera general la realización de tareas. Esta metodología comprende los siguientes principios:

- **Visualización:** Se puede saber en qué fase se encuentra el desarrollo del proyecto, ya que permite a los integrantes conocer todas las tareas hechas y por hacer, estas tareas se definen por medio de tarjetas o tableros de actividades y pueden ser agrupadas en bloques tales como (pendiente, en proceso, finalizada, por revisar). Para la visualización existen herramientas informativas tales como Trello, Planner, Evernote, entre otras; para este caso en particular se utilizó la herramienta Planner y postits o notas adhesivas.
- **En Proceso:** Kanban como metodología ágil fomenta:
 - La asignación de tareas que sean de corta duración.
 - Trabajar en una sola tarea a la vez.
 - La continua modificación de tareas siempre y cuando no implique que esta se deba comenzar desde cero si ya se encuentran en proceso.

- **Priorización:** Al presentarse más de una tarea pendiente, estas se clasifican por prioridad, esto permite que los integrantes tengan claridad sobre cuál es la siguiente tarea que deben realizar facilitando el trabajo de cada individuo y del equipo.
- **Medición de tiempo:** Al tener mapeado el proyecto a través de tareas agrupadas por estados (pendiente, en proceso, finalizada, por revisar), hace posible hacer un seguimiento del tiempo invertido en cada una.

Ambas metodologías se combinaron para el desarrollo simultáneo de la aplicación móvil y la página web, implementando en los dos desarrollos (aplicación web y móvil), los 5 ciclos explicados anteriormente dentro del modelo Mobile-D e integrando las actividades de cada ciclo a los tableros visuales de la metodología Kanban.

En el ciclo de producción fueron definidas 3 iteraciones, en cada iteración se describen los ítems de desarrollo y la duración estimada en días para cada ítem.

Los tableros visuales creados para el registro y seguimiento de las actividades dentro del proyecto fueron:

- Ítems de desarrollo
- Tareas pendientes
- Tareas en proceso
- Tareas finalizadas

La **figura 1** explica cómo se trabajó cada tablero de la metodología Kanban y la integración realizada con los ciclos en Mobile-D.

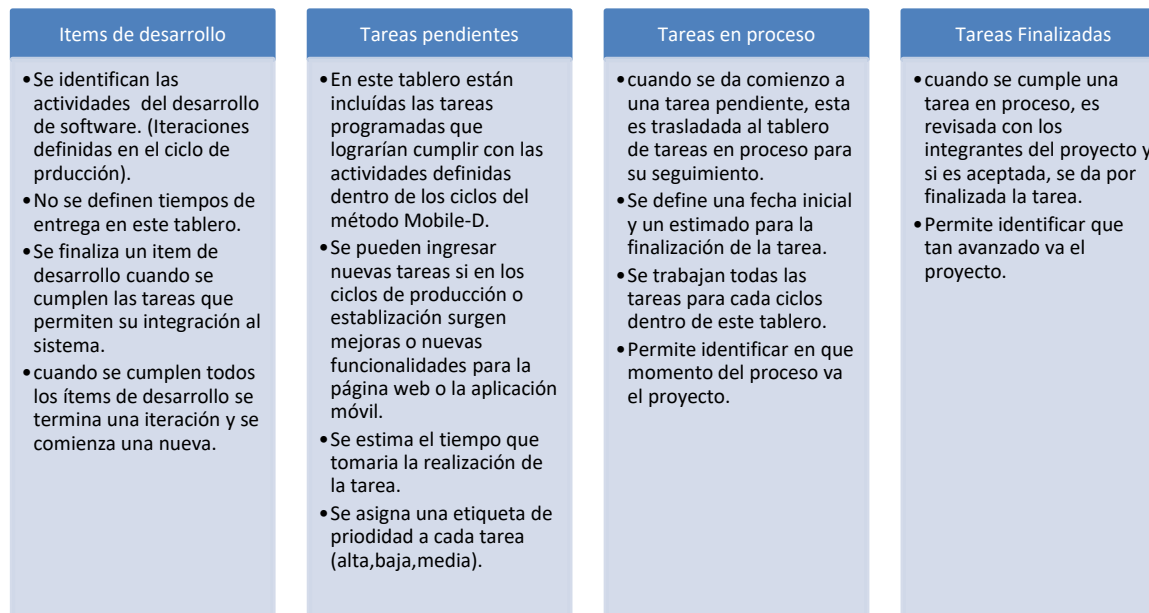


Figura 1. Definición de los tableros del método Kanban

Se hace énfasis sobre la implementación de las metodologías en el capítulo 3 (Desarrollo).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Referente Contextual

La central Miel I, localizada en el municipio de Norcasia, forma parte del potencial hídrico del oriente del departamento de Caldas, región conformada por las cuencas de los ríos Guarinó, La Miel, Moro, Manso, Samaná Sur y afluentes menores como los ríos Pensilvania y Tenerife. La Central tiene una capacidad instalada de 396 MW en tres unidades. Inició su operación comercial en diciembre de 2002. Desde el 2010 la Central cuenta con el trasvase Guarinó en operación comercial, el cual aumentó la capacidad de generación de la Central en 308 GWh-año. El trasvase Guarinó se encuentra localizado en el departamento de Caldas, en límites con el departamento del Tolima, sobre la vertiente oriental de la Cordillera Central, en la cuenca media baja del río Guarinó, a la altura del municipio de Victoria. El Trasvase Manso entró en operación en 2013, se encuentra localizado en el departamento de Caldas en límites de los municipios de Samaná y Norcasia, en la vertiente oriental de la Cordillera Central. (ISAGEN S.A. E.S.P., 2014).

La central miel I cuenta actualmente con 59 estaciones hidrológicas y climatológicas distribuidas entre estaciones radiales y satelitales, encargadas de recolectar la información de las principales cuencas y afluentes del Embalse Amaní, además del comportamiento climático en la zona.

2.2. Referente Conceptual

El referente conceptual del presente trabajo fue construido siguiendo el hilo conductor que se presenta en la **Figura 2**. En primer lugar, se aborda el concepto de hidrología, definiendo la importancia de la misma, la taxonomía respectiva e identificando los conceptos relacionados que tienen pertinencia en el desarrollo de este proyecto.

Posteriormente, se listan diferentes datos hidrológicos y meteorológicos, puesto que su observación, interpretación y análisis, es de primordial importancia aún para proyectos simples, tales como puentes, o para otros más importantes y complejos como por ejemplo en los casos de sistemas de riego, navegación o producción. Luego, se analizarán las diversas tecnologías aplicadas al área de hidrología, se incluirá información acerca de la red hidrológica departamental, esto debido a que, al corresponder a un caso de estudio ubicado en el Departamento de Caldas, es importante conocer el funcionamiento actual de la red, y se expondrá una síntesis de los estudios actuales realizados sobre el tema en cuestión tanto a nivel nacional como internacional. Finalmente, se indicará el porqué de la implementación de una aplicación móvil y una plataforma web como parte de las tecnologías de información.

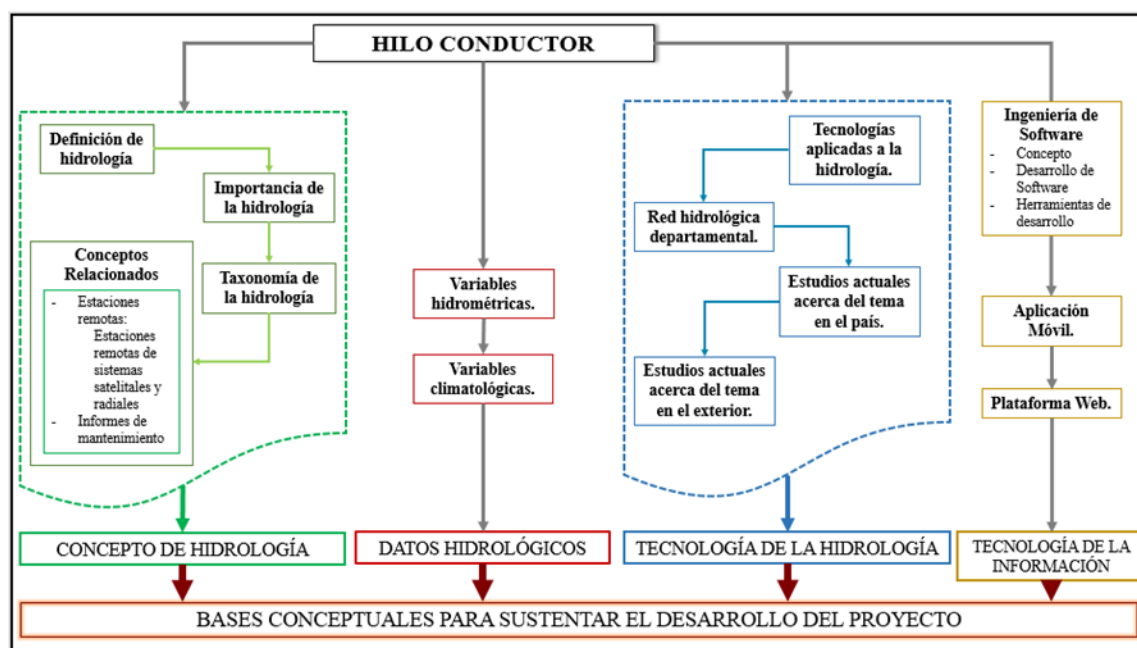


Figura 2. Hilo conductor marco teórico. Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de su análisis etimológico la palabra Hidrología significa “estudio del agua” y proviene de las raíces griegas hyda (agua) y logos (estudio) más el sufijo ia que implica acción.

La U.S. Federal Council for Science and Technology (1962) define la hidrología como la ciencia que trata de las aguas de la Tierra, su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivientes.

De acuerdo con lo anterior, puede afirmarse que el estudio de la hidrología juega un papel primordial al momento de aprovechar y distribuir de manera inteligente los recursos hídricos de un territorio, y es base fundamental para el desarrollo de proyectos de ingeniería relacionados con la producción y distribución de energía eléctrica.

2.2.1. Importancia de la hidrología

La hidrología se ha convertido en los últimos años en un tema de estudio e investigación para el desarrollo de proyectos de ingeniería y de orden ambiental, relacionados con el manejo de recursos hidráulicos, lo que, integrado a otras áreas como la geografía y los sistemas de información tecnológica, ha hecho imprescindible el uso de recursos electrónicos en el procesamiento de la información y en la simulación de eventos que puedan suceder en un futuro.

Según el Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (2016). Los estudios hidrológicos cobran mayor importancia, al momento de:

- Diseñar obras hidráulicas, para lo cual se articulan con modelos matemáticos que representan el comportamiento de la cuenca en estudio.
- Planear el uso de los recursos hídricos en un sistema de obras hidráulicas, empleando modelos matemáticos conceptuales que se procesan en tiempo real.
- Establecer áreas vulnerables a eventos hidrometeorológicos extremos, mediante el adecuado conocimiento del comportamiento hidrológico de cuencas, ríos o arroyos.

- Estudiar los fenómenos de evaporación, infiltración y aprovechamiento de las aguas, en el proceso conocido como irrigación.
- Determinar la capacidad de embalse necesaria para garantizar el suministro adecuado de agua, así como los métodos óptimos para construir presas.
- Formar parte de un equipo interdisciplinar, que contribuya al aprovechamiento hidroeléctrico multipropósito, correspondiente al dimensionamiento de las instalaciones y delimitación de caudales máximos, mínimos y promedios de las aguas, operación de sistemas hidráulicos complejos, protección y preservación del medio ambiente.

2.2.2. Taxonomía de la hidrología.

La hidrología puede clasificarse de forma general (ver **Figura 3**) o según la forma de análisis y el uso que se les dará a los resultados (ver **Figura 4**).

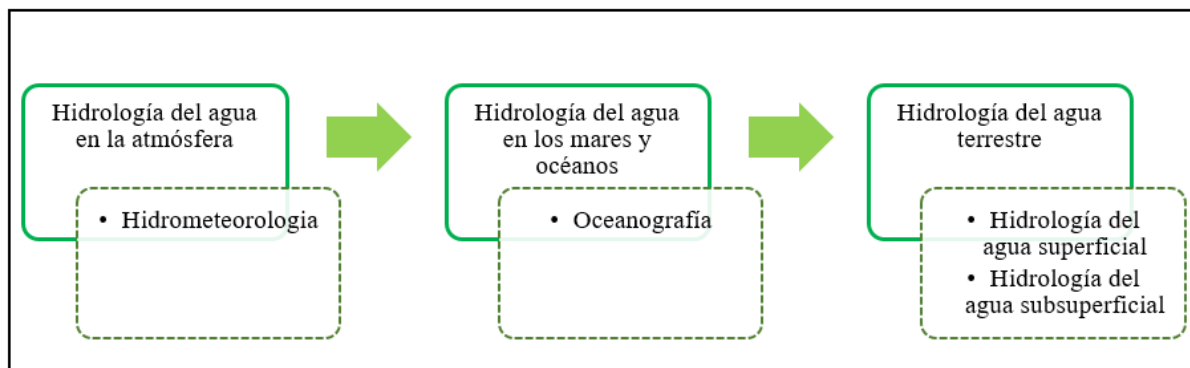


Figura 3. Clasificación de la hidrología. Fuente: Elaboración propia

Hidrometeorología

La Hidrometeorología es una rama de las ciencias de la atmósfera y de la hidrografía, encargada del estudio de la transferencia de agua y energía entre la superficie terrestre y la atmósfera, así como la presencia de agua en sus diferentes fases en la atmósfera.

Oceanografía

La Oceanografía Es la rama encargada de estudiar todo lo relacionado con los mares y océanos, abarca desde su origen hasta su estructura, composición y dinámica e incluye a su vez todo lo referente a sus procesos físicos, biológicos y geológicos, como las mareas y corrientes, la sedimentación, la expansión del fondo oceánico, entre otros.

Hidrología del agua superficial

La hidrología del agua superficial corresponde a la rama que estudia los fenómenos y procesos hidrológicos que tienen lugar en la superficie terrestre y sus flujos.

Hidrología del agua subsuperficial

La Hidrología del agua subsuperficial hace referencia al caudal de agua, por la superficie del terreno que forma arroyos. Su estudio es importante cuando no se puede separar del flujo superficial, para hacer el análisis hidrológico.

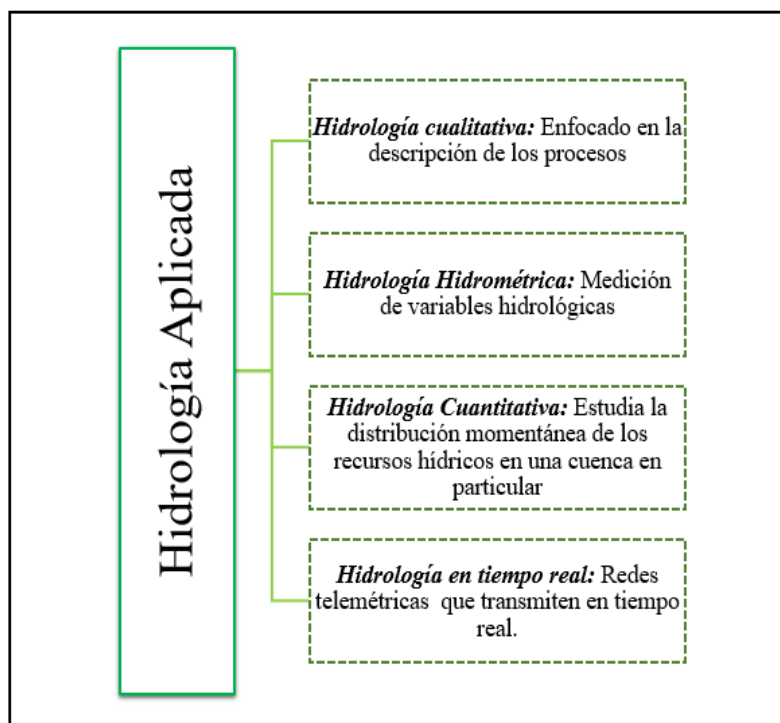


Figura 4. Aplicación de la hidrología. Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Conceptos relacionados

Estaciones remotas

Son estaciones instaladas en lugares muy distantes de las centrales hidroeléctricas, encargadas de recolectar la información de las variables hidrométricas y climatológicas, para luego transmitir los datos obtenidos de forma inalámbrica ya sea por un sistema de transmisión radial o satelital. (D.A. Giraldo, comunicación personal, 27 de abril de 2017).

Sistema de transmisión radial.

La técnica de la radiocomunicación consiste en la superposición de la información que se desea transmitir en una onda electromagnética soporte, llamada portadora. La inserción de esa información constituye el proceso denominado modulación. Como consecuencia del mismo, se genera una onda modulada, cuyo espectro contiene un conjunto de frecuencias en torno a la portadora. La onda modulada se envía al medio de propagación a través de un dispositivo de acoplamiento con el medio denominado antena. (H. Rábanos et al,2013)

Sistema de transmisión satelital.

"Sistemas de comunicación por satélite. Remota técnica de comunicaciones utilizando un satélite en órbita para recibir señales de una ubicación y luego retransmitirlas a otra ubicación."(Graf, 1999. p.672).

2.2.4. Datos hidrológicos

Variables hidrométricas y climatológicas: Son los datos censados por los equipos electrónicos instalados en las estaciones remotas, cada dato censado corresponde a una de estas variables. Los siguientes datos son obtenidos en las estaciones instaladas por ISAGEN:

- **Precipitación:** Cantidad de agua que cae de la atmósfera (lluvia).
- **Nivel:** Columna de agua en el río.

- **Caudal:** Volumen de agua que circula por el cauce del río.
- **Turbidez:** Presencia de partículas en el agua.
- **Temperatura:** Cantidad de calor en el ambiente.
- **Humedad relativa:** Cantidad de humedad en el aire.
- **Velocidad del viento:** Velocidad en dirección horizontal del viento a lo largo de la superficie terrestre.
- **Dirección del viento:** Dirección cardinal de donde sopla el viento.
- **Radiación solar:** Emisión de energía por parte del sol.
- **Presión atmosférica:** Fuerza por unidad de área que ejerce el aire sobre la superficie terrestre.
- **Evaporación del agua:** Cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas.
- **Temperatura del suelo:** Cantidad de calor en el suelo.

2.2.5. Informes de mantenimiento

Hace referencia a aquellos informes en los cuales se detallan de manera específica, las actividades realizadas en cada una de las estaciones que componen la red hidroeléctrica; los informes de mantenimiento constan de 3 registros principales:

- El contratista informa del personal que está llevando a cabo la actividad, la fecha en la que se realiza, las horas en las que realiza, el tipo de mantenimiento, preventivo o correctivo, y la descripción de la actividad a ejecutar.
- El contratista informa sobre el estado de las vías de acceso a la estación, el estado en el que se encuentra la infraestructura de la estación y sus equipos electrónicos.

- El contratista informa sobre los resultados obtenidos después de intervenir la estación y genera las observaciones a tener en cuenta para próximas visitas.

Informe de mantenimiento preventivo

Los informes de mantenimiento preventivo resultan de las ordenes de mantenimiento (OM) que ISAGEN programa mensualmente para cada estación y cuyas actividades deben ser realizadas por los grupos de mantenimiento del contratista.

Ordenes de mantenimiento preventivo

Las ordenes de mantenimiento (OM) definidas por la empresa ISAGEN son de ciclo mensual y constan de un listado de actividades que se deben realizar en cada estación con el fin de prevenir fallas en los equipos electrónicos instalados o problemas de infraestructura. Las actividades definidas dentro de estas órdenes son;

- Revisión de equipos electrónicos (sensores, transmisores, recolector de datos, cableado, terminales y conectores).
- Revisión de las estructuras civiles de la estación (torre de comunicación, caseta, cerramiento perimetral, puertas, candados).
- Revisión de la vegetación alrededor de la estación (árboles, maleza).
- Limpieza (equipos, estructura civil y vegetación).
- Ajustes (sensores, antenas, conectores, cableado, recolector de datos).

Informe de mantenimiento correctivo

Los informes de mantenimiento correctivo son los informes que el contratista entrega a ISAGEN cuando ocurren imprevistos que generan problemas en las estaciones, allí se debe detallar la causa o causas del imprevisto y las acciones desarrolladas para solucionar el problema.

2.2.6. Tecnología de la hidrología

Las tecnologías aplicadas a la hidrología, actualmente la conforman 3 sistemas:

- **Sistema de medición:** Hace referencia a los equipos electrónicos que censan de manera automática todas las variables hidrológicas.
- **Sistema de comunicación:** es el encargado de transmitir la información obtenida por el sistema de medición de las estaciones remotas.
- **Sistema de alimentación:** Hace referencia a los equipos encargados de suministrar la carga necesaria para el funcionamiento de los equipos de medición y los equipos de comunicación. Dada la ubicación geográfica de las estaciones, éstas requieren sistemas de alimentación autosuficientes o de energía libre. Todas las estaciones remotas instaladas de ISAGEN usan los sistemas fotovoltaicos para su funcionamiento. Este sistema lo componen el panel solar (generación), el regulador de voltaje y las baterías (almacenamiento).

2.2.7. Red hidrológica

Hace referencia a todas las estaciones conectadas a un sistema de comunicación (radial o satelital), la red la conforman todas las estaciones remotas encargadas de transmitir la información obtenida por el sistema de medición.

2.2.8. Estudios actuales acerca del tema en el país

"Sierra-Escobar (2013) analiza y describe la situación actual de las organizaciones públicas y privadas del país en cuanto a la gestión documental enfocada a procesos".

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en su subdirección de meteorología, es la entidad encargada de realizar los estudios e investigaciones relacionadas con la atmósfera, el tiempo y el clima del país, además de preparar productos que contribuyan al

aprovechamiento del recurso clima, en el mejoramiento y optimización de la producción de los distintos sectores socioeconómicos del país.

En cumplimiento de las funciones de informar al Estado y a la comunidad colombiana acerca del ambiente, particularmente sobre el clima, el IDEAM ha venido desarrollando investigación para detectar las evidencias del cambio climático en Colombia y para elaborar los escenarios climáticos que con mayor probabilidad se presentarían en los próximos decenios. En la actualidad, el IDEAM basado en estudios propios y en el estado del tema en el país, dispone de conocimiento suficientemente sustentado sobre el cambio climático en Colombia, el cual presenta a las diferentes entidades, sectores socioeconómicos y regiones del país, así como al público en general, para que sirva de elemento en las decisiones de programas de mitigación del calentamiento global y de adaptación al cambio climático. ("PRINCIPAL - IDEAM", 2017).

2.2.9. Estudios Actuales respecto a temas hidrológicos en Colombia

Ocampo y Vélez (2014). Análisis comparativo de modelos hidrológicos de simulación continua en cuencas de alta montaña: caso del Río Chinchiná, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. Estudio que refiere una investigación cuantitativa, orientada a realizar el análisis de modelos hidrológicos agregados, “con diferentes grados de complejidad para la simulación del proceso lluvia-escorrentía, basados en los datos observados reportados por las estaciones localizadas en la cuenca” del río Chinchiná, Caldas, Colombia, cuyo resultado permitió demostrar que los modelos Tetis y abcd, representaron con mayor grado de confiabilidad los procesos lluvia-escorrentía en cuencas de alta montaña.

Burbano-Girón et al. (2016). Análisis de la relación entre variables morfométricas y biofísicas en la estimación de características probabilísticas para la oferta hídrica superficial en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Análisis focalizado

en la recopilación de información morfométrica y biofísica para la caracterización de cuencas, con el fin de establecer las relaciones entre parámetros morfométricos y biofísicos de las mismas y de las características probabilísticas de la oferta hídrica en Colombia, aplicando la modelación estocástica del ciclo hidrológico, como la herramienta más indicada, para dicho propósito y estableciendo al mismo tiempo los “lineamientos iniciales para consolidar estrategias de modelamiento integrado adecuadas para las diferentes escalas de gestión del recurso hídrico”, concluyendo que: “En Colombia la aplicación de un modelo integrado del ciclo hidrológico de cualquier tipo presenta dificultades en términos de adquisición de información y delimitación de la escala de trabajo para la inmensa mayoría de cuencas”.

Díaz et al. (2014). Parámetros hidrológicos y tensores en la dinámica fluvial: estudio en cuencas del caribe colombiano. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo. Estudio orientado a determinar los resultados del análisis hidrológico de cuencas hidrográficas del Caribe colombiano, con fundamento en la “evaluación de las características y la vulnerabilidad de los aportes fluviales (caudales y transporte de sedimentos) y las tendencias históricas para identificar patrones de escala regional en la dinámica fluvial”, para lo cual se tuvieron en cuenta parámetros morfométricos y topográficos, utilizando información histórica, suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, las Corporaciones Autónomas Regionales, el IDEAM y datos tomados del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) .

2.2.10. Estudios actuales acerca del tema en el exterior

Abbaspour et al. (2015). A continental-scale hydrology and water quality model for Europe: Calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model, Journal of Hydrology. Proceso de investigación orientado a la determinación de un modelo hidrológico integrado, particularmente en los países de Europa Oriental, utilizando el programa Soil and Water

Assessment Tool (SWAT), cuyos resultados “proporcionan información de apoyo a la Directiva Marco Europea del Agua y sientan las bases para una evaluación adicional del impacto del cambio climático en la disponibilidad y calidad del agua” y los métodos y enfoque desarrollados son aplicables a cualquier región del mundo.

Brown et al. (2015). The future of water resources systems analysis: Toward a scientific framework for sustainable water management. *Water Resources Research*. Es un análisis que reconoce la presión que ejerce el crecimiento poblacional sobre el uso de los recursos hídricos, además de la competencia entre usuarios, aparte de la degradación sobre los ecosistemas, agravado con el fenómeno del cambio climático, haciendo que las estrategias adoptadas en torno a la gestión sobre los recursos hídricos y las decisiones que se toman sobre los mismos, por parte de los actores involucrados (públicos y privados), generen impactos nocivos a escala geológica incluido el secado de cuerpos de agua importantes, así como la alteración de caudales en algunos sistemas hídricos como consecuencia de represamientos y desvíos de caudales con propósitos diversos.

“El reconocimiento de la naturaleza compleja y sociofísica de los crecientes desafíos relacionados con el agua y los errores pasados ha llevado a reclamar un enfoque más sistemático de los problemas mundiales del agua”, lo que permite inferir que las iniciativas de análisis y estudio sobre la problemática en torno a los recursos hídricos requieren ser fortalecidos a todo nivel (gobiernos, industrias y público en general), con el propósito de “fundamentar el campo como la ciencia de los recursos hídricos que busca predecir las variables y resultados de los recursos hídricos que son importantes” al momento de llegar a determinar los impactos de los proyectos de inversión que incluyen el aprovechamiento del recurso hídrico.

2.2.11. Revistas

A continuación, se enlistan dos revistas académicas enfocadas en la investigación de las ciencias hidrológicas.

- Journal of Hydrology (Elsevier)
- Water Resources Research (AGU – American Geophysical Union)

2.3. Referente Metodológico

2.3.1. Ingeniería de software

La ingeniería de software es el establecimiento y uso de principios fundamentales de la ingeniería con objeto de desarrollar en forma económica software que sea confiable y que trabaje con eficiencia en máquinas reales.(Pressman, 2006)

Por otro lado, se habla de ella como el estudio de las bases y metodologías para la construcción y mantenimiento de software (Zelkovitz, 1978).

Finalmente, el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE por sus siglas en inglés), establece que: “Es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software.”.

De acuerdo con lo anterior, la ingeniería de software pretende mejorar la eficiencia de los sistemas mediante la estructuración y organización de herramientas, que articuladas deriven en procesos de operación más veloces, prácticos, y económicos. Para ello emplean diferentes tipos de recursos, dentro de los que se encuentran los humanos, es decir, todas aquellas personas que intervienen de manera directa e indirecta en el desarrollo de software, y los recursos propios de las aplicaciones.

2.3.2. Desarrollo de software

Consiste en la estructura aplicada al desarrollo de un proyecto de software, aunque existen muchas metodologías para el desarrollo de software (XP-programación extrema, ágiles, en cascada, Mobile-D, entre otras), todas convergen en 3 actividades principales que tienen lugar durante el proceso de creación.

- **Planificación:** Lo primero que debe hacerse al momento de pensar en un proyecto de software es el levantamiento de las historias de usuario, es decir, todas aquellas tareas relacionadas con el establecimiento de las necesidades a satisfacer, teniendo en cuenta todos los factores involucrados en la creación o modificación del modelo de software.
- **Implementación, pruebas y documentación:** La implementación consiste en la programación del código necesario para el correcto funcionamiento del software, las pruebas por su parte, buscan detectar los errores que se presenten y obstaculicen la obtención de los resultados esperados y finalmente, se realiza la documentación del diseño interno del software para facilitar su uso y mantenimiento.
- **Despliegue y mantenimiento:** El despliegue es aquella fase en la cual el código ha demostrado su éxito a través de las diferentes pruebas que se le han realizado y se ha aprobado la distribución del mismo. El mantenimiento es empleado para mejorar el diseño original del software, con el fin de solucionar problemas o ampliar su rango de acción.

Además de lo anterior, existen diferentes modelos de desarrollo de software, que brindan un enfoque para direccionar el proceso de desarrollo del software, dependiendo de las necesidades particulares del mismo. Dichos modelos se explican en la **Figura 5**.(Pressman, 2006). Para este caso particular se implementará el modelo de desarrollo ágil Kanban bajo una arquitectura orientada a servicios como se mencionó en el punto de metodología.

<i>Modelo de Cascada</i>	Define que las etapas deben cumplirse en forma sucesiva Para empezar una fase la anterior debe estar completamente finalizada.
<i>Modelo de Espiral</i>	Fue creado por Barry Boehm en 1988, su principal característica es el análisis de riesgos de forma periódica durante el ciclo de desarrollo. Hace especial énfasis en las condiciones de las opciones y limitaciones para facilitar la reutilización y mejora del software
<i>Desarrollo iterativo</i>	Recomiendo construir el software mediante secciones pequeñas, con el fin de que cualquier problema que este presente pueda detectarse a tiempo y resolverse de forma simple sin que sea demasiado tarde.
<i>Desarrollo ágil</i>	Se basa en el desarrollo iterativo y es mas centrado a la retroalimentación que a la planificación, por lo cual, se realizan numerosas pruebas y versiones del software.
<i>Codificación y corrección</i>	En este tipo de desarrollo, las etapas de diseño y planificación del código son eliminadas, y el desarrollador comienza a producir el código de forma inmediata. Sin embargo, este método no suele ser muy recomendado debido a los múltiples fallos que resultan durante el proceso por la falta de planificación.
<i>Orientado a la reutilización</i>	Consiste en recurrir al uso de software existentes para su reutilización en las especificaciones de análisis, diseños, implementación y pruebas de aplicación del nuevo software.

Figura 5. Modelo de desarrollo de software. Fuente: Elaboración propia basada en Roger S. Pressman

2.3.3. Arquitectura orientada a servicios SOA

La arquitectura orientada a servicios está basada en las interacciones que se establecen entre tres elementos principales: el proveedor del servicio, el registro de servicio y el consumidor del servicio. Ver figura 6.

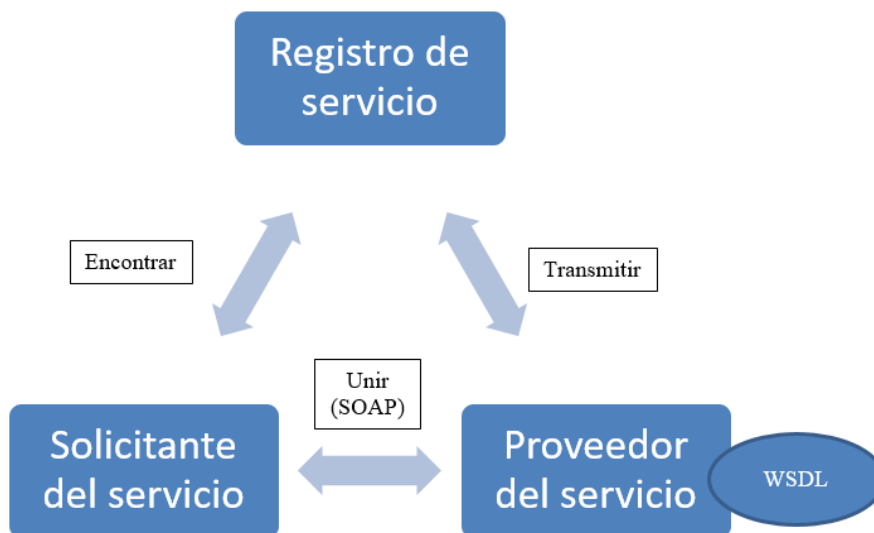


Figura 6. Arquitectura Orientada a Servicios: Elaboración propia basada en Sommerville

Los proveedores de servicio diseñan e implementan servicios y especifican las interfaces a estos últimos. También transmiten información acerca de dichos servicios en un registro accesible. Los solicitantes de servicio (llamados en ocasiones clientes) que quieren usar un servicio detectan la especificación de éste y ubican al proveedor del servicio. Entonces pueden unir su aplicación con dicho servicio específico y comunicarse con él, mediante protocolos de servicio estándar.

2.3.4. Aplicación móvil

Una aplicación móvil es un sitio, cuyo diseño, navegación, contenidos y servicios están optimizados para ser accedidos y consumidos a través de un dispositivo móvil, entendiéndose por dispositivo móvil cualquiera que pueda ser utilizado en movilidad (móviles tradicionales, Smartphones, tablets, e-readers y otros que puedan surgir en el futuro) (Mobile Marketing Association, 2012).

También se define como un programa que se puede descargar y al que se accede directamente desde un teléfono o dispositivo móvil. En la actualidad la forma más usada para la instalación de una aplicación móvil es a través de tiendas online tales como Play Store para equipos móviles con sistema operativo Android o IOS para dispositivos Apple, otro medio usual para adquirir aplicaciones móviles es a través de instalaciones por formato APK por las siglas (En inglés, Android Application Package), programas que se instalan directamente al celular a través de paquetes de archivos adjuntos.

2.3.5. Página web

La (Real Academia Española[RAE], 2020) define página web como un documento electrónico que puede contener cualquier tipo de contenido (texto, sonido, video, programas, enlaces, imágenes, etc.), desarrollado mediante un lenguaje de programación, generalmente el HTML y que puede ser interpretado por un navegador.

2.3.6. Base de datos

Una base de datos es una colección de información organizada de forma que un programa de ordenador pueda seleccionar rápidamente los fragmentos de datos que necesite.

También se puede explicar como un sistema de almacenamiento de información, orientada a objetos definidos por atributos, que se refieren a un registro.

3. DESARROLLO

La página web tiene el dominio <https://mdserman.herokuapp.com>; para acceder a ella se crea un usuario genérico con las siguientes credenciales (usuario: 808080 y contraseña: SerMan2020).

La aplicación móvil es un APK que se instala directamente en el celular de la empresa y existe la posibilidad de ser ofertada en plataformas de tiendas de aplicaciones.

Anexo al documento, se entrega el APK (**Anexo B.** app-debug.apk) de la aplicación móvil para ser instalado de forma manual en cualquier dispositivo. Para acceder a la aplicación, se puede utilizar las credenciales (usuario: G1 y contraseña: @hidromiel).

Adicionalmente se anexan:

- **Anexo C.** Diagramas Realizados. *Fuente de elaboración:* software libre WhiteStarUML
- **Anexo D.** Manual de usuario. *Fuente de elaboración:* Microsoft Word
- **Anexo E.** manual técnico: *Fuente de elaboración.* Microsoft Word

También fueron identificados softwares dentro de la organización de ISAGEN que son compatibles con el sistema de gestión TI propuesto, que al ser integrados darían valor agregado a la operatividad del contrato de mantenimiento.

- **PowerBI:** Software de análisis empresarial de Microsoft que puede tomar información de la base de datos del sistema de gestión TI propuesto para análisis estadísticos dentro del contrato de mantenimiento.
- **SAP (sistemas, aplicaciones y productos):** Sistema empleado en ISAGEN para el procesamiento de datos empresariales, dentro del sistema de gestión TI propuesto se pueden ajustar consultas haciendo uso de servicios web para la entrega de datos que se puedan integrar automáticamente al SAP.

Vale aclarar que actualmente los análisis estadísticos y el procesamiento de los datos dentro del contrato de hidrología en la empresa ISAGEN se están realizando de forma manual.

3.1. Planteamiento metodológico

El desarrollo del proyecto comienza con la aplicación de la metodología Mobile-D, identificando para cada ciclo las actividades que se debían realizar. **Ver figura 7.**



Figura 7. Plan de trabajo ciclos Mobil-D. Fuente: Elaboración propia

En el ciclo de exploración se estableció el equipo de trabajo conformado por un representante del cliente y un desarrollador, se realizó el levantamiento de las historias de usuario en cada una de las áreas del contrato, se identificaron los recursos tecnológicos y físicos necesarios para el desarrollo, se elaboró una descripción inicial del sistema y se identificaron los beneficios a obtener con la implementación de TI para el contrato de hidrología en la empresa ISAGEN.

- **Historias de usuario:** Las historias de usuario se levantaron, preguntando a miembros del contrato lo que querían en cuanto a funcionalidad del software y la finalidad; a continuación, se muestra un ejemplo de cómo se levantó esta información.

- **Como** coordinador **quiero** conocer los informes que están pendientes de ser aprobados **para** poder revisarlos y devolverlos o aprobarlos dependiendo el caso.
- **Como** líder de cuadrilla **quiero** conocer las actividades que debo realizar **para** estar al tanto de estas y planear mis actividades semanales.
- **Como** coordinador **quiero** acceder a la información del contrato desde un mismo sitio **para** poder encontrar con facilidad un dato específico, cuando lo requiera.
- **Descripción:** Aplicativo con multiplataforma diseñada para la comunicación coordinador - operario, en la que se podrá visualizar las tareas asignadas a ejecutar durante el mes, revisar tareas pendientes y las ejecutadas, además de la elaboración de los informes y posterior almacenamiento de los mismos.
- **Beneficios:**
 - Práctico, ágil y confiable.
 - Reduce tiempos de comunicación
 - Permite la integración de datos e información
 - Elimina fronteras en los canales de comunicación
 - Hace interactiva una actividad que se está realizando de forma manual e independiente.
 - Permite la unificación de criterios para la elaboración de informes.

En el ciclo de inicialización del proyecto, se evaluó el sistema de gestión actual, acopiando información del contrato (informes físicos de mantenimiento, actividades, áreas de trabajo, informes mensuales, entre otros), se definió la infraestructura y las características que debía tener el sistema TI a implementar. Teniendo definida la estructura, se programó un plan de

capacitaciones para el desarrollador (Angular, IONIC, AWS), con el fin de que contara con las competencias requeridas para el desarrollo del proyecto. Finalmente, se procedió a identificar las posibles dificultades que podrían presentarse durante el proceso de implementación del sistema en general.

- **Características:**

- Trabajo Online y Trabajo Offline
- Información en tiempo real
- Simplificación de las tareas
- Almacenamiento de la información
- Soporte del sistema para 12 usuarios simultáneamente.
- Capacidad de generar informes de cuadrilla sincrónica y asincrónicamente para garantizar un trabajo remoto.
- Conexión a la base de datos desde cualquier lugar donde se tenga acceso a internet para consultar con las cuadrillas y elaborar informes.
- Funcionalidad ampliada para trabajar desde un dispositivo móvil o un ordenador.
- Almacenamiento local de las credenciales de inicio de sesión.
- Asignación dinámica de equipos de trabajo (cuadrillas) para ejecución de actividades.

- **Dificultades:**

- Ubicaciones geográficas sin disponibilidad de red de datos o internet.
- Resistencia al cambio.
- Posterior sincronización de la información almacenada localmente.

En el ciclo de producción, se levantaron las funciones o requerimientos de usuario, se identificaron cuales requerimientos eran de cara al cliente y cuáles de cara al servidor (ítems de desarrollo) para finalmente realizar el levantamiento de las iteraciones. Ver tabla 1.

Tabla 1. Planteamiento inicial de las iteraciones y lanzamientos del sistema.

Lanzamiento	Identificador	Ítem de desarrollo	Tamaño estimado	Tiempo estimado (días)	Iteración asignada
1	LN-001	Tareas Pendientes Frontend	S	2	2
	LN-002	Generar Informe Preventivo Frontend	L	10	1
	LN-003	Generar Informe Correctivo Frontend	M	5	1
	LN-004	Login	M	5	2
	LN-005	Tareas Pendientes Backend	S	2	2
	LN-006	Generar Informe Preventivo Backend	M	5	1
	LN-007	Generar Informe Correctivo Backend	M	5	1
	LN-008	Frontend Consultar informes pendientes de generar	S	2	2
	LN-009	Backend Consultar informes pendientes de generar	S	2	2
	LN-010	Información SST	S	2	2
2	JP-014	Tomar fotos para el informe	M	5	3
	JP-015	Almacenaje de fotos	S	2	3
	JP-016	Chat con el administrador	M	5	3
	JP-017	Gestión de cuadrillas	M	5	3
	JP-018	Calendario futuro	L	10	3
	JP-19	Ajustes finales	XL	20	
	JP-20	Lanzamiento	XL	20	

Una vez se tuvieron las iteraciones planteadas, se utilizó el modelo Kanban para la programación de las iteraciones en los tableros visuales. **Ver Figura 8.**

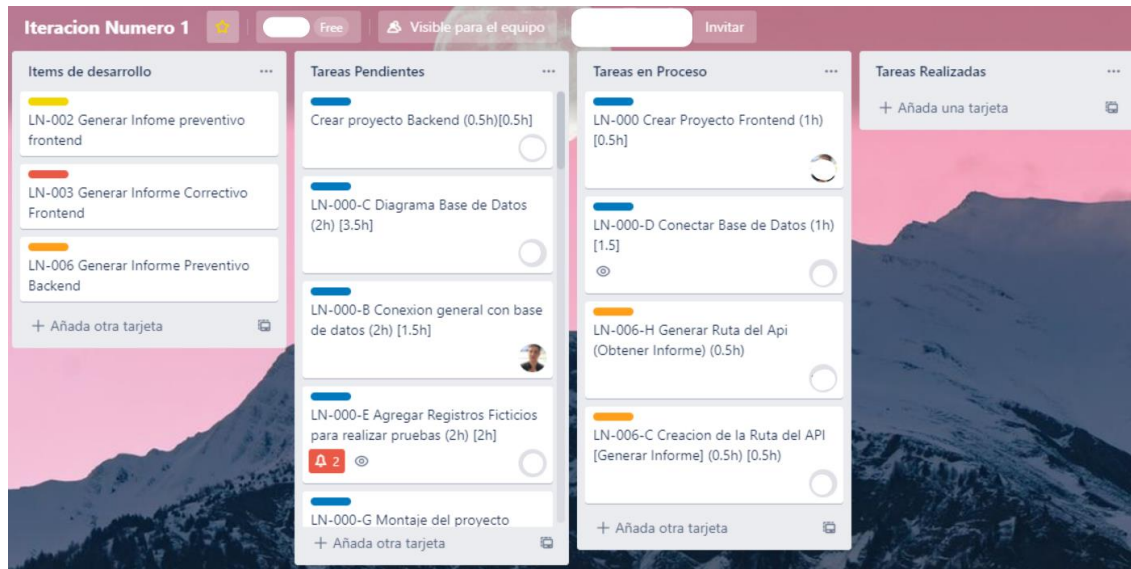


Figura 8. Tablero Kanban iteración uno, día uno. Fuente: tablero del proyecto en <http://www.trello.com>

Dentro del ciclo de producción, al completarse un Item de desarrollo, este pasaba de inmediato al ciclo de estabilización, donde se realizaba la revisión del ítem cuando se tenían las reuniones de seguimiento.

En el ciclo de estabilización, se realizaron las revisiones de los ítems de desarrollo cuyas tareas eran completadas. Dentro de estas revisiones, si se encontraba una mejora funcional o un ajuste al ítem de desarrollo se asignaba una nueva tarea para su realización, las nuevas tareas que surgían dentro de este ciclo se insertaban en las tablas visuales del método Kanban, **Ver figura 9.**

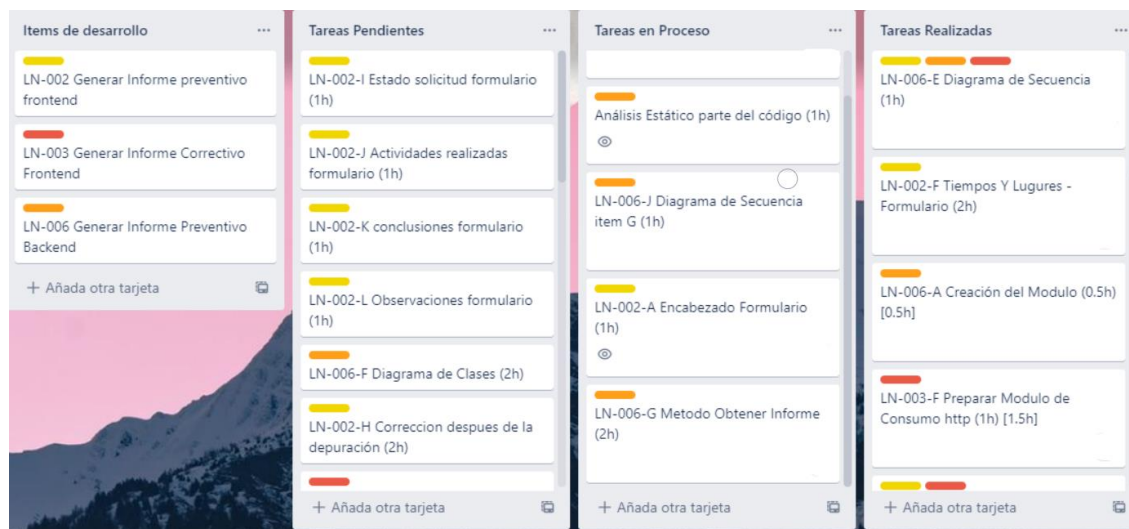


Figura 9. Tablero visual primeros ciclos de estabilización, asignación de nuevas tareas. Fuente: tablero del proyecto en <http://www.trello.com>

A continuación, se mencionan algunas de las mejoras y ajustes que fueron encontrados en estos ciclos.

- **Mejora:** Agregar un Item de notificaciones, para que el usuario pueda identificar sus actividades pendientes.
- **Ajuste:** El calendario permite cambiar programación histórica, se debe poner una restricción que no permita modificar información histórica.
- **Mejora:** Se debe agregar en la página web un identificador que indique qué usuario está conectado.
- **Ajustes:** Se debe definir como campo obligatorio el número de la orden de mantenimiento, en el módulo de calendario.

Al aprobarse cada ítem de desarrollo, en el último ciclo de prueba y reparación, se realizaron las pruebas de integración del código al sistema en cuestión y de acuerdo a los resultados obtenidos se hicieron las reparaciones pertinentes; cabe aclarar que en este ciclo ya no se consideraron modificaciones o ajustes al ítem de desarrollo, sino reparaciones en el código integrado al sistema.

En la tabla 2 podemos observar un ejemplo de un levantamiento de pruebas y reparación realizado dentro del proyecto.

Tabla 2. Información de la prueba.

ID de la prueba (incluye el ID del ítem)	Descripción	Valores de entrada	Resultados esperados	Resultado Ejecución
LN-002-P1	El formulario guarda correctamente la información que se ingresa por el usuario y verifica que no hayan campos vacíos o inválidos.	<pre> informe = { fecha: '1:00', fecha_orden: new Date(), central: 'Miel', operacion: 'cambio", duracion_total: '20', inicio_ubicacion: 'Chinchina', inicio_hora: '7:00', llegada_ubicacion: 'Manizales', llegada_hora: '8:00', salida_ubicacion: 'Manizales', salida_hora: '17:00', pernoctan: 'NO', llegada_ubicacion2: 'Chinchina', llegada_hora2: '18:00', estado_solicitud: 'Abierta', informe_completado:'false' , estacion: 'Presa', nro_orden: '234324', conclusiones: ['Se realizó cambio de medidor'], observaciones: ['Cable con Moho'], actividades: ['Mantenimiento general', 'Sacar Agua de la estación','Cambio de medidor', 'Sellar filtración'] } </pre>	True	True

Una vez son definidos los valores de entrada, se procede a la inserción de estos valores dentro del código para posteriormente realizar las pruebas de calidad del código integrado al sistema de información. **Ver figura 10.**

```

it('Campo vacio o invalido', () => {
  component.informe = {
    fecha: '1:00', fecha_orden: new Date(), central: 'Miel', operacion: 'cambio', duracion_total: '20', inicio_ubicacion: 'Chinchina', inicio_hora: '7:00',
    llegada_ubicacion: 'Manizales', llegada_hora: '8:00', salida_ubicacion: 'Manizales',
    salida_hora: '17:00', pernoctan: 'NO', llegada_ubicacion2: 'Chinchina', llegada_hora2: '18:00',
    estado_solicitud: 'Abierta', informe_completado: 'false', estacion: 'Presa', nro_orden: '234324', piezas: [],
    conclusiones: ['Se realizo cambio de medidor'],
    observaciones: ['Cable con Moho'],
    actividades: ['Mantenimiento general', 'Sacar Agua de la estacion', 'Cambio de medidor', 'Sellar filtracion']
  }
  expect(component.verificarInformeComp()).toBe(true);
});

it('Campo vacio o invalido', () => {
  component.informe = {fecha: '1:00', fecha_orden: new Date(), central: 'hola mundo :D', operacion: 'hola diosito soy yo otra vez',
  duracion_total: '20', inicio_ubicacion: 'Chinchina', inicio_hora: '7:00', llegada_ubicacion: 'Manizales', llegada_hora: '8:00', salida_ubicacion: 'Manizales',
  salida_hora: '17:00', pernoctan: 'NO', llegada_ubicacion2: 'Chinchina', llegada_hora2: '18:00', estado_solicitud: 'Abierta',
  informe_completado: 'false', estacion: 'Presa', nro_orden: '234324',
  conclusiones: ['Se realizo cambio de medidor'],
  observaciones: ['Cable con Moho'],
  actividades: ['Mantenimiento general', 'Sacar Agua de la estacion', 'Cambio de medidor', 'Sellar filtracion']
}
  console.log(component.informe);
  expect(component.verificarInformeComp()).toBe(true);
});

```

Figura 10. Inserción de los valores de entradas en el código del programa.

Para estas pruebas se utilizó el software de código abierto llamado Jasmine, el cual analiza el código puesto a prueba. Ver figura 11.



Figura 11. Resultado de pruebas utilizando el software Jasmine.

3.2. Evaluación del sistema de gestión actual

El sistema de gestión para la prestación de servicios de mantenimiento de las estaciones del área de hidrología, lo suministran 2 empresas, ISAGEN S.A E. S. P como contratante y ACERTA S.A.S como contratista. A continuación, se presenta la gestión del modelo de negocio actual BPM por sus siglas (en inglés: Business Process Management) para ambas empresas; la interacción total del modelo se adjunta al documento (**Anexo A. Modelo Actual. BPM, Fuente de elaboración:** Software Bizagi Modeler).

Como se observa en la **Figura 12**. Mensualmente, a través de la herramienta SAP, se generan de forma automática las órdenes de mantenimiento preventivo, según la central hidroeléctrica y la estación donde se vaya a realizar la operación; las órdenes de mantenimiento llegan a los hidrometristas quienes, luego de cumplirlas, reportan información de las actividades y resultados a los coordinadores, al ingeniero de soporte y al director de contrato de la empresa contratista. Las órdenes de mantenimiento correctivo se presentan, cuando en el ejercicio de revisión de las estaciones por parte de los hidrometristas, se encuentran anomalías en los datos o pérdida de información (Ver **Figura 13**). Cuando esto ocurre se notifica a la empresa contratista la falla detectada que requiere ser atendida, dándole prioridad a esta actividad respecto de las órdenes de mantenimiento preventivo; finalmente, una vez realizadas las actividades por parte de los operarios de la empresa contratista, estos envían los informes del mantenimiento realizado, en plantillas digitales que son almacenados en un servidor de ISAGEN, para que los hidrometristas puedan cargarlos en el aplicativo SAP.

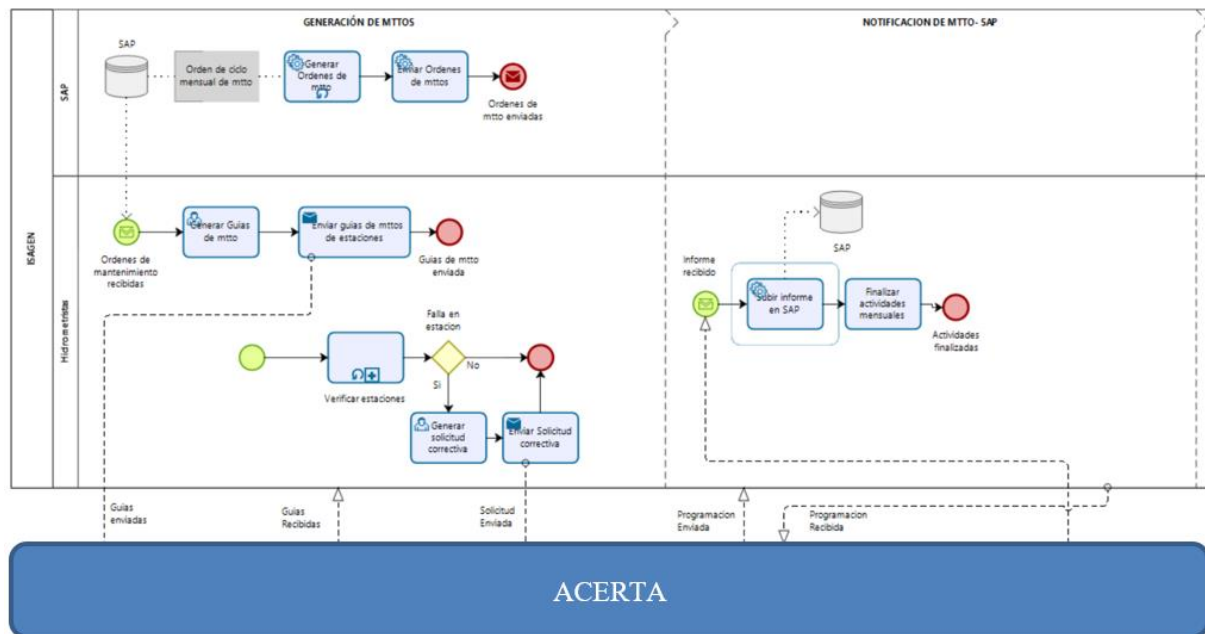


Figura 12. Modelo BPM ISAGEN. Fuente: Elaboración propia

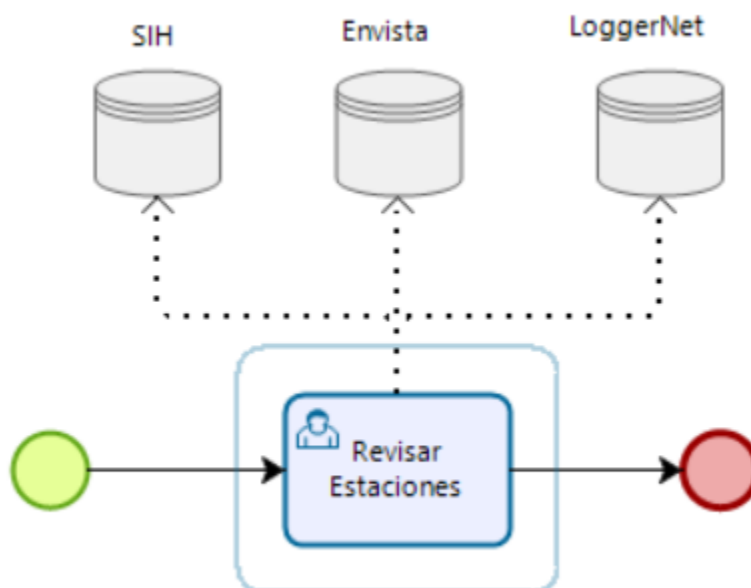


Figura 13. Subproceso, revisión de las estaciones realizada por hidrometristas. Fuente: Elaboración propia

Como se describe en la **figura 14**. Una vez Acerta recibe la información de las estaciones a las cuales debe realizar los mantenimientos preventivos, empieza el proceso de programación de los grupos de mantenimiento para las visitas a las estaciones, usando un documento en línea (hoja

de cálculo de google docs), procedimiento que se realiza semanalmente, quedando sujeto a modificaciones, en caso de presentarse solicitudes de mantenimientos correctivos; la programación y las modificaciones de la misma, se deben enviar a ISAGEN oportunamente. En la **Figura 15**, se detalla el proceso de revisión que hace el ingeniero de soporte, al generarse una solicitud de mantenimiento correctivo y la **Figura 16**, detalla el proceso de una actividad de mantenimiento en la estación.

Cuando se elabora un informe de mantenimiento, el documento es guardado en una carpeta compartida, que finalizando el mes es reportado a un servidor en ISAGEN.

En caso de ISAGEN requerir de un informe específico del mes en curso, debe solicitarlo a la empresa contratista o en su defecto, esperar por la actualización de la información en el servidor por parte de la empresa contratista.

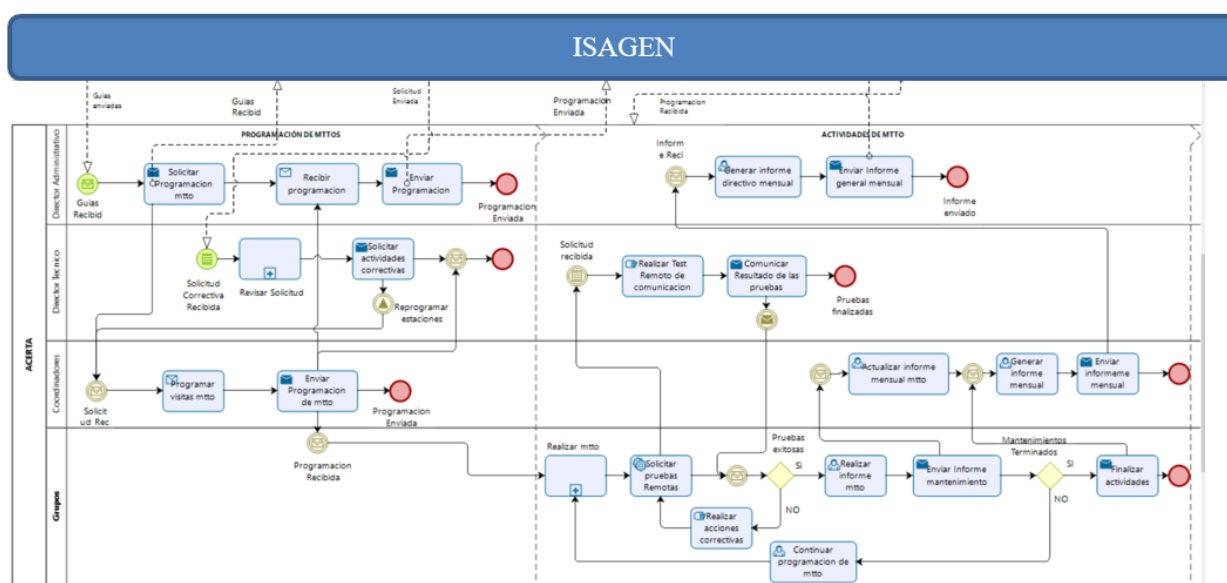


Figura 14. Modelo BPM ACERTA. Fuente: Elaboración propia

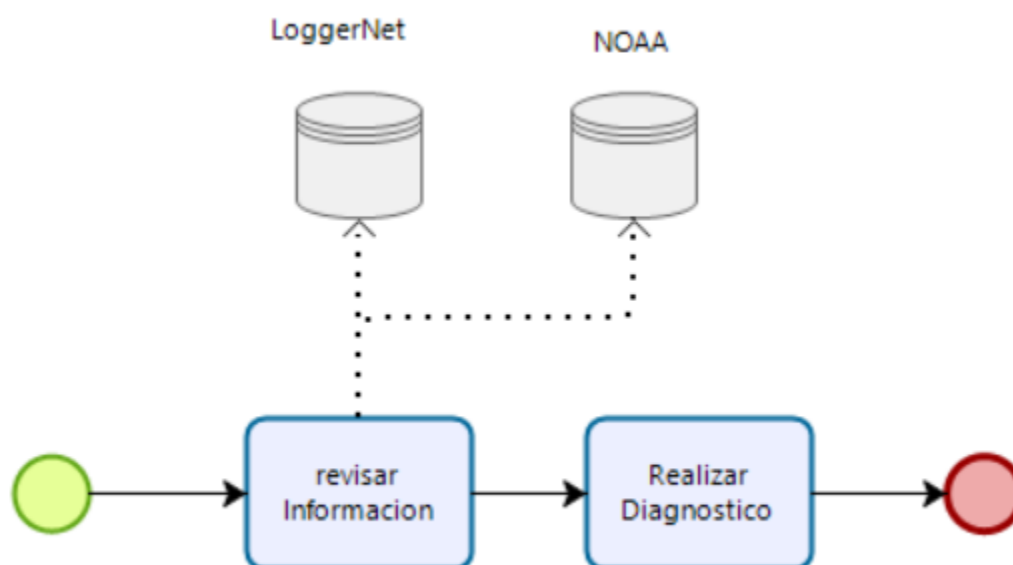


Figura 15. Subproceso, revisar solicitud de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia

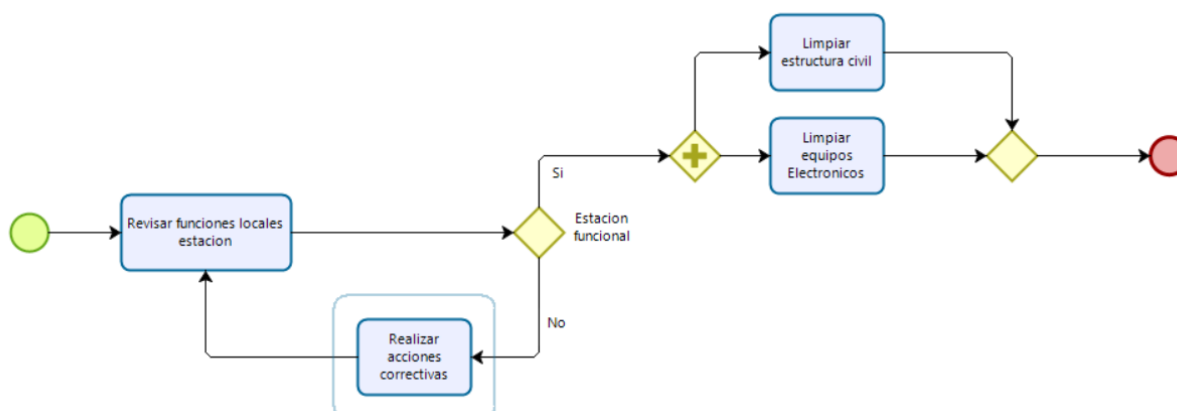


Figura 16. Subproceso, realizar mantenimientos. Fuente: Elaboración propia

La evaluación del sistema actual (ver **Figura 17**), se realizó con coordinadores de grupos operativos de campo, tomando en cuenta una serie de variables, que definen los lineamientos principales que caracterizan el funcionamiento integral de un sistema de información de mantenimientos. Estas fueron:

- **Disponibilidad de la información:** se refiere a contar con la información centralizada para facilitar el acceso a esta en caso de necesitarse.
- **Veracidad de la información:** tener la certeza de que la información registrada en los informes es original y auténtica y que no ha sufrido modificaciones posteriores a su entrega.
- **Velocidad:** hace referencia al tiempo transcurrido entre la elaboración del informe de mantenimiento y su disposición final.
- **Históricos:** variable determinada por la existencia de archivos organizados cronológicamente, donde se encuentran recopilados los informes periódicos, que pueden ser usados como herramienta de consulta al momento de requerirse.

Para cada una de las variables se establecieron elementos que las componen y se procedió a determinar los siguientes criterios de calificación:

- **1:** Malo o inexistente
- **2:** Regular
- **3:** Excelente

Esta evaluación se desarrolló teniendo en cuenta las apreciaciones de los coordinadores de los grupos de mantenimiento de cada zona, al responder sobre cada una de las variables, dada la necesidad de conocer sus puntos de vista y las perspectivas que ellos tienen del sistema actual, para contrastar el resultado con la propuesta de implementación del sistema, contenida en el presente trabajo.

SISTEMA DE EVALUACIÓN			
	Calificación		
	1. Malo o Inexistente	2. Regular	3. Excelente
1. Disponibilidad de la información			
1.1 Información centralizada	2	2	0
1.2 Fácil acceso a la información	2	1	1
2. Veracidad de la información			
2.1 Confiabilidad de la información	0	3	1
2.2 Seguridad de que la información no ha sido manipulada	4	0	0
3. Velocidad de la Información			
3.1 Agilidad en la realización del informe	3	0	1
3.2 Velocidad en los tiempos de entrega	2	1	1
3.3 Óptima disposición final del informe	0	2	2
4. Historicos de la Información			
4.1 Sistema centralizado con todos los informes de mantenimiento realizados	2	0	2

Figura 17. Esquema de herramienta para la evaluación. Fuente: Elaboración propia.

Con base en las respuestas obtenidas de parte de los cuatro coordinadores, se logró concluir que:

- Para el criterio número uno (Disponibilidad de la información), el 50% considera que no existe centralización en la información, mientras que el otro 50% estima que el sistema actual de disponibilidad de la información es regular. Por otra parte, la mayoría de los encuestados, coinciden en que no se cuenta con un sistema unificado facilite el acceso a la información.
- Para el criterio número dos (Veracidad de la información), se encontró que el 75% de encuestados, considera regular la confiabilidad de la información, mientras que el 100% opina que existe posibilidad de que la información sufra alteraciones una vez entregada, dado que la naturaleza de los archivos (Microsoft Word o PFD) facilitan su modificación.
- Para el criterio número tres (Velocidad de la información), los encuestados en su mayoría consideran que, a nivel de agilidad y velocidad, el contrato no cuenta con los mejores resultados, solo el 25% lo considera excelente.
- Por último, para el criterio número cuatro (Históricos de la información), el 50% de los encuestados no está conforme con el sistema de almacenamiento.

3.3. Requisitos de software

Los participantes que se incluyen para el sistema TI a implementar (aplicación móvil Servidores en la nube y página web) son los siguientes:

- Administrador, encargado de realizar los registros de usuario, cambio de claves, recuperación de claves, actualización de tarjetas informativas para la realización de trabajo seguro SST (Seguridad y Salud en el Trabajo) y mantenimiento al sistema TI.
- Grupos de mantenimiento, cuyas actividades propias de su cargo se registran en la aplicación móvil.
- Coordinadores SST, cuyas actividades de trabajo consisten en consultar los mantenimientos programados en la aplicación web y registrar las tarjetas de procedimientos seguros, las cuales son cargadas en la aplicación móvil por parte del administrador.
- Director de contrato de la empresa contratista, ingeniero de soporte y coordinadores por zona de trabajo, encargados de programar las actividades de mantenimiento, ya sean preventivas y/o correctivas, dependiendo de las órdenes y guías de mantenimiento entregadas por ISAGEN, las cuales se registran en la página web.
- Personal de ISAGEN como los hidrometristas y el director del contrato, los cuales tendrían acceso a la página web, de la cual pueden obtener cualquier tipo de información relacionada con las actividades desarrolladas a nivel general del contrato, tales como los mantenimientos que se harán en el transcurso del mes, los informes de mantenimientos ejecutados y pendientes por revisión y aceptación entre otros. Estos informes se encuentran disponibles en la base de datos y se visualizan como PDF.

3.3.1. Escenario

Se describen a continuación los escenarios contemplados para cada uno de los roles dentro del contrato de mantenimiento.

Grupos de mantenimiento

Los integrantes del grupo de mantenimiento, a través de la aplicación móvil, observan y registran el avance en el cumplimiento de los mantenimientos y las actividades a realizar en el transcurso del mes, las cuales pueden variar, en caso de presentarse la necesidad de ejecutar acciones correctivas. Una vez estén informados de la programación, se dirigen a visitar las estaciones.

Al llegar a las estaciones proceden a realizar las actividades físicas de mantenimiento (limpieza de estructuras y equipos, verificación del estado de los equipos instalados, estado de la infraestructura, etc.), y toma de información, la cual registran en un formulario que deben llenar en la aplicación móvil, antes de dar por finalizada la visita de mantenimiento en la estación.

En caso de presentarse la necesidad de un cambio de equipo, el grupo de mantenimiento elige en la aplicación móvil, la opción de reemplazar equipo y debe seleccionar el equipo a reemplazar, ingresar el serial del nuevo equipo instalado y dejar registrada la observación.

Coordinadores SST (Seguridad y Salud en el Trabajo)

Los coordinadores SST realizan el acompañamiento a los grupos de mantenimiento, quienes en caso de presentarse algún incidente o de detectarse posibles riesgos para el desarrollo de los trabajos, pueden dar por terminadas las actividades de mantenimiento. Los resultados de estos procesos no estarán incluidos dentro de la plataforma toda vez que los registros de estas actividades, deben ser presentados por escrito y debidamente firmados por cada uno de los integrantes del equipo técnico que las ejecuta y sus coordinadores.

Registran igualmente, por medio de solicitudes al administrador, todos los temas relacionados con las actividades de trabajo seguro en la aplicación móvil, estas son pantallas informativas, disponibles dentro de la aplicación móvil, para los grupos de mantenimiento, que les brinda información oportuna para la toma de decisiones, respecto del qué hacer, frente a situaciones de riesgo, tales como: un camino inseguro, obstáculos en la vía, problemas ambientales o de bioseguridad, entre otros.

Director contratista, coordinadores de mantenimiento e ingeniero de soporte

Este grupo programa a través de la página web, las actividades de mantenimiento de acuerdo a las órdenes y guías entregadas por los directivos de ISAGEN, consultan constantemente los avances en las actividades realizadas por los distintos grupos de trabajo y la historia del estado de las estaciones con el fin de prestar un soporte remoto a cada uno de los grupos de trabajo. También tienen la posibilidad de hacer cambios en la programación en caso de presentarse la necesidad de realizar actividades correctivas o solicitudes adicionales, de igual manera pueden acceder a los formatos de informes de los mantenimientos para consolidar el informe mensual de actividades.

Personal ISAGEN

Todo el personal de ISAGEN interesado en el seguimiento del contrato puede acceder a la página web con el fin de estar informado de todas las actividades que se realizan en el transcurso del mes, al igual que a consultar la historia de las estaciones y los informes de mantenimientos.

3.3.2. Casos de uso

Los casos de uso se diseñaron integrando los sistemas contemplados en el desarrollo del proyecto, en este documento se estudiará los casos de uso de cada aplicación.

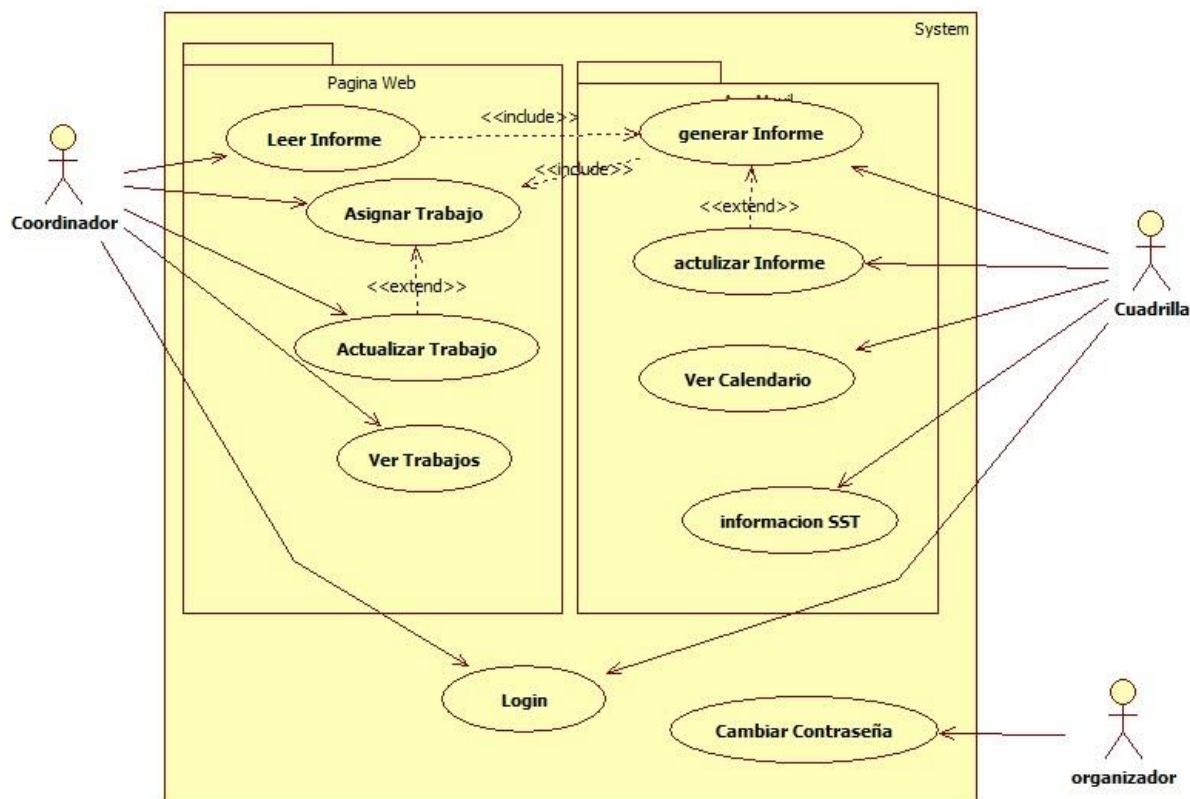


Figura 18. Diagrama de casos de uso general. Fuente: Elaboración propia

Especificaciones comunes

Como se observa en la **Figura 18**. Para ambas aplicaciones existen 2 procesos comunes, el inicio de sesión (Login) y el cambio de contraseñas.

Título	Login
Descripción	El usuario ingresa al sistema
Actores	Coordinador, Cuadrilla
Pre-condiciones	No existe pre condición
Post-condiciones	Se guardan en el header las credenciales de acceso generales
Flujo normal de eventos	
1. El actor ingresa a la aplicación e ingresa sus credenciales, selecciona iniciar	
2. El sistema verifica esta información en la base de datos	
3. El sistema agrega el token al header y envía al inicio al actor	
Flujos alternos	
A. Las credenciales son incorrectas En el paso 2 del flujo normal, si el sistema comprueba que las credenciales no corresponden a las almacenadas en la base de datos.	
1. Volver al paso 1 del flujo normal.	

Título	Cambiar contraseña
Descripción	El usuario modifica la contraseña de algún usuario (Coordinador, Cuadrilla)
Actores	Organizador
Pre-condiciones	El actor debe estar autenticado con usuario y contraseña
Post-condiciones	La clave es actualizada en la base de datos
Flujo normal de eventos	
1. El actor genera la solicita mediante cliente http el servicio	
2. El sistema encripta y hace la respectiva actualización a la base de datos	
3. El usuario recibe la notificación de solicitud exitosa por parte del servidor http	

Especificaciones de uso página web

La aplicación web cuenta con un módulo principal de autenticación de usuario, un módulo de inicio y tres módulos operativos los cuales se especifican a continuación.

Título	Leer Informe
Descripción	El usuario descarga un archivo pdf que se genera automáticamente después de seleccionar el mantenimiento a revisar
Actores	Coordinador
Pre-condiciones	Se debe estar autenticado con usuario, contraseña y debe existir al menos un informe en la Base de Datos
Post-condiciones	El informe se descarga en formato pdf
Flujo normal de eventos	
1. El actor ingresa a historial y selecciona una central y las fechas	
2. El sistema muestra el historial de informes para la central seleccionada	
3. El actor selecciona la estación deseada	
4. El Sistema genera el pdf con la consulta al backend	
5. El sistema inicia el proceso de descarga	
6. El actor puede ver el archivo	
Flujos alternos	
A. Falla en el servidor En el paso 1 del flujo normal, si el actor selecciona informes pendientes.	
1. El actor selecciona la central	
2. Sigue el paso normal del paso 3.	

Título	Ver Calendario
Descripción	El usuario puede ver sus futuras actualizaciones
Actores	Cuadrilla
Pre-condiciones	Se debe estar autenticado con usuario y contraseña

Post-condiciones	Se muestra la lista en tareas futuras
Flujo normal de eventos	
1. El actor ingresa a calendario	
2. El sistema muestra la lista de actividades a realizar en futuro	
3. El actor selecciona el deseado	
4. El Sistema muestra un modal donde se observa la información	
5. El actor selecciona volver	
6. Paso 2 del flujo normal	

Título	Ver Trabajos
Descripción	El usuario puede ver los que se han asignado
Actores	Coordinador
Pre-condiciones	Se debe estar autenticado con usuario y contraseña
Post-condiciones	Muestra un modal con la información
Flujo normal de eventos	
1. El actor ingresa a calendario y selecciona una fecha	
2. El sistema muestra los días de la semana con los trabajos asignados	
3. El actor selecciona el deseado	
4. El Sistema muestra la información de acuerdo al trabajo seleccionado	
5. El actor selecciona volver	
Flujos alternos	
A. EL usuario selecciona modificar informe En el paso 5 del flujo normal, si el actor selecciona modificar trabajo.	
1. Ver Modificar Trabajo .	

Especificaciones de uso aplicación móvil

La aplicación móvil cuenta con una página principal de autenticación de usuario, un menú principal ubicado en el encabezado y cuatro pantallas de módulos operativos.

Título	Crear Trabajo
Descripción	El usuario guarda en la base de datos un trabajo
Actores	Coordinador
Pre-condiciones	Se debe estar autenticado con usuario y contraseña
Post-condiciones	El trabajo se guarda en la Base de datos
Flujo normal de eventos	
1. El actor ingresa calendario y selecciona una cuadrilla, central y fecha	
2. El Sistema muestras los días de esa semana	
3. El actor selecciona el deseado	
4. El Sistema muestra un pop up con la información a ingresar	
5. El actor ingresa la información y selecciona asignar trabajo	
6. El sistema crea el trabajo	
Flujos alternos	

<p>A. La cuadrilla ya tiene trabajo asignado a una fecha. En el paso 4 del flujo normal, si el actor selecciona un día de la semana que ya tiene un trabajo asignado puede modificar el trabajo. 1. Sigue el flujo normal del paso 5</p>
--

Título	Actualizar Informe
Descripción	El actor modifica un informe existente y este se actualiza en la Base de Datos
Actores	Cuadrilla
Pre-condiciones	Se debe estar autenticado con usuario, contraseña y debe existir al menos un trabajo en la BD en estado rechazado
Post-condiciones	El informe se actualiza y el trabajo pasa a estado de espera
Flujo normal de eventos	
1. El actor selecciona generar Informe en el menú	
2. El sistema muestra los el historial de informes para ser actualizados	
3. El actor selecciona el deseado	
4. El Sistema muestra la información actual además de la observación de cambio	
5. El actor realiza los cambios y selecciona subir informe	
6. El sistema actualiza el informe y actualiza el estado del trabajo a en espera	

Secuencia cambiar contraseña

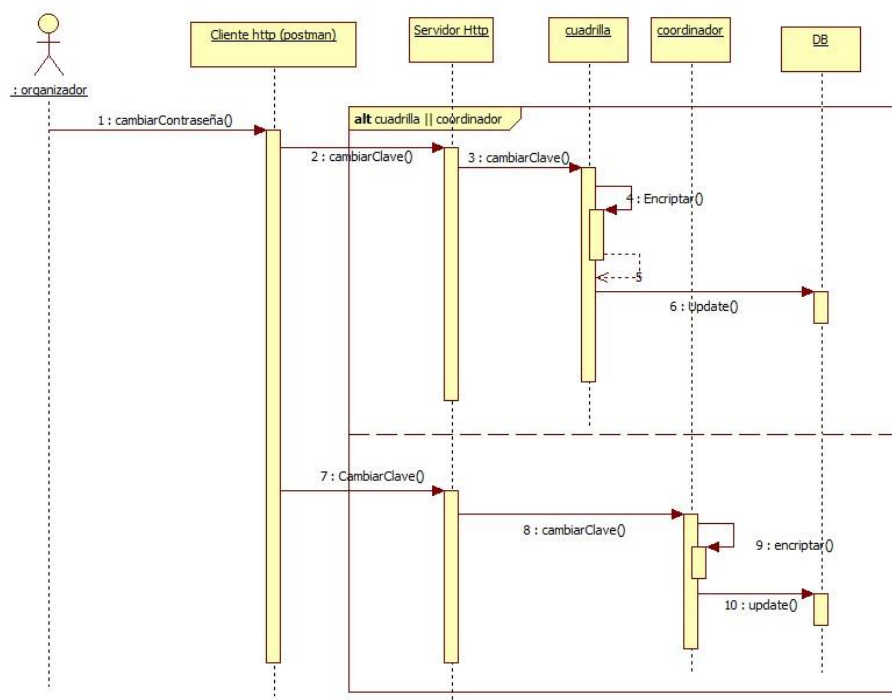


Figura 21. Secuencia para el cambio de contraseña. Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Diagramas de secuencia página web

Secuencia generar Informe

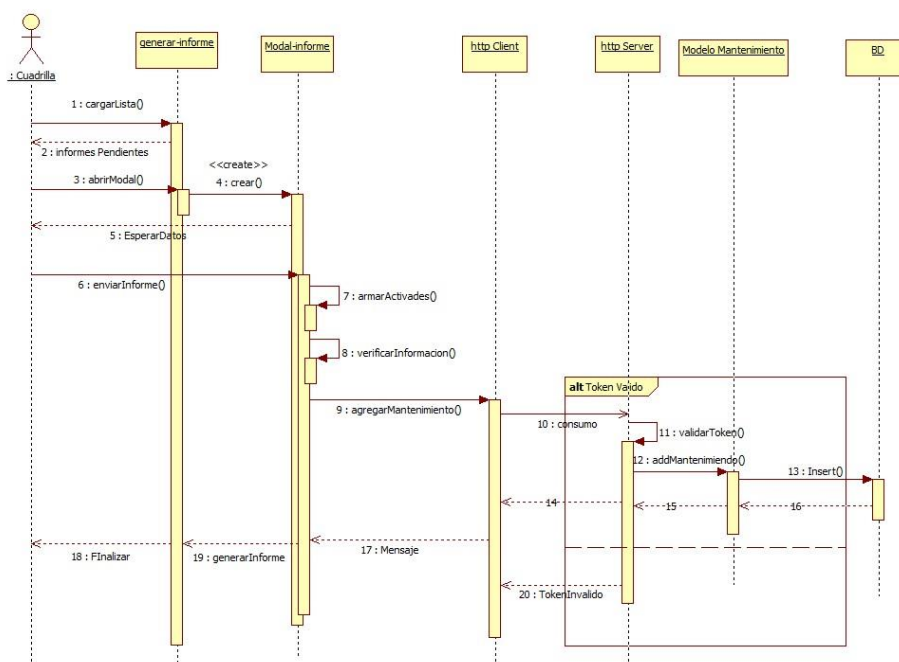


Figura 22. Secuencia para la generación de informes. Fuente: Elaboración propia

Secuencia actualizar y crear trabajo

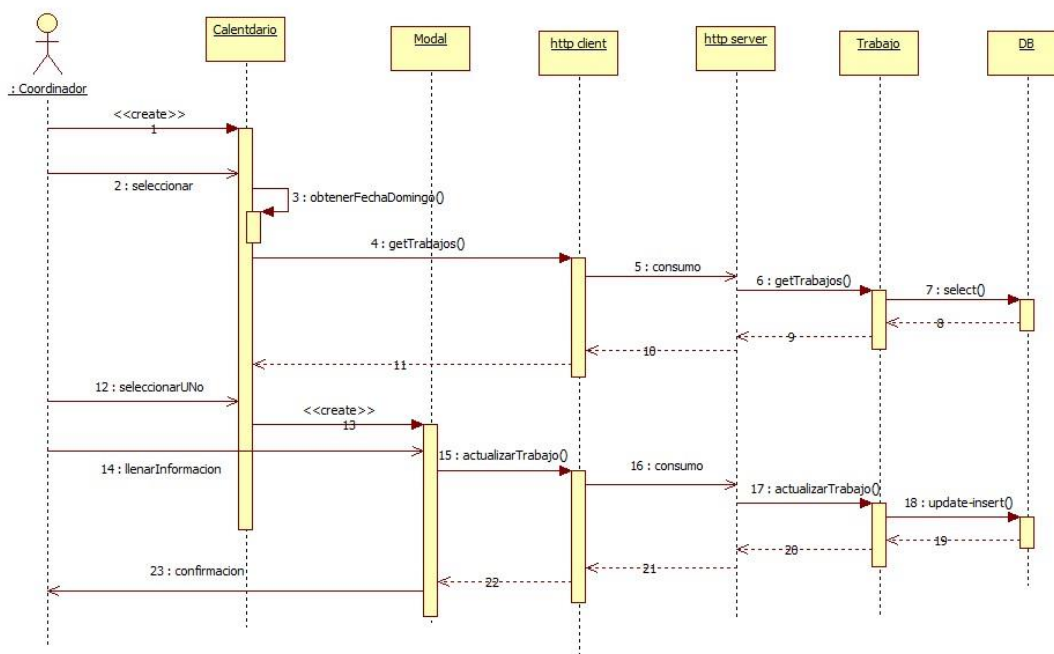


Figura 23. Secuencia para crear o actualizar un trabajo. Fuente: Elaboración propia

Secuencia para ver informe

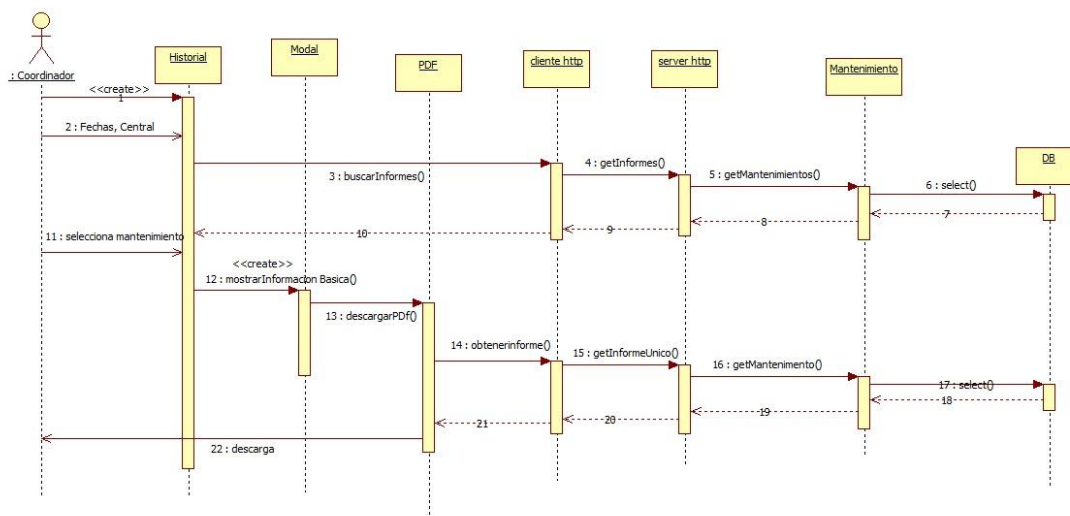


Figura 24. Secuencia para visualizar un informe. Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Diagramas de secuencia aplicación móvil

Secuencia actualizar informe

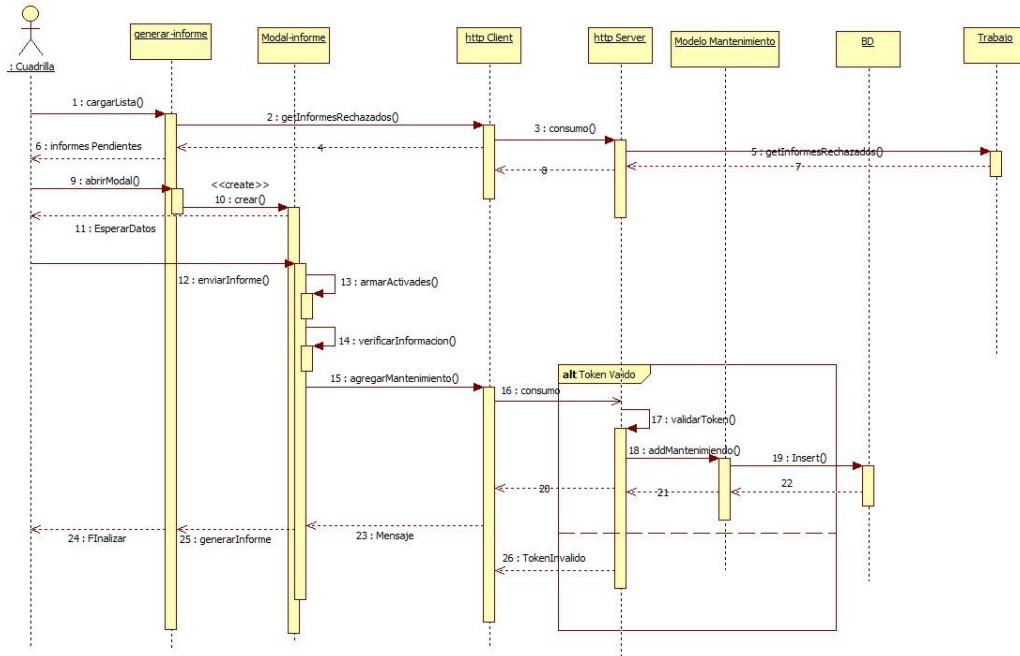


Figura 25. Secuencia para la actualización de un informe. Fuente: Elaboración propia

Secuencia ver calendario

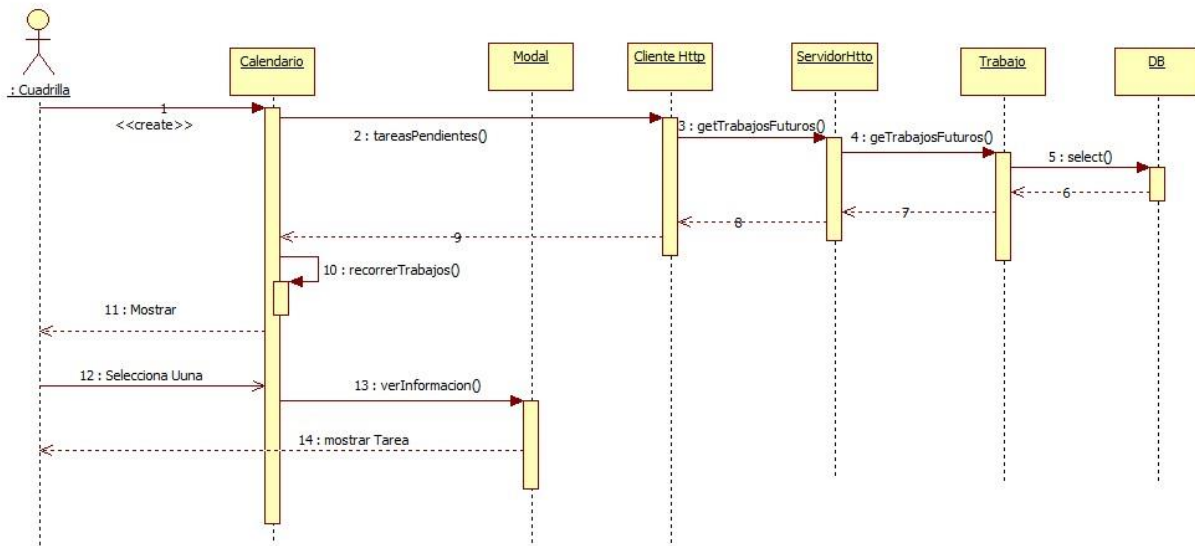


Figura 26. Secuencia para visualizar calendario. Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Diagrama de estado

La **figura 27**, muestra el único diagrama de estado identificado, este corresponde al informe de mantenimiento.



Figura 27. Diagrama de estado Informe. Fuente: Elaboración propia

3.4.5. Diagrama Entidad Relación

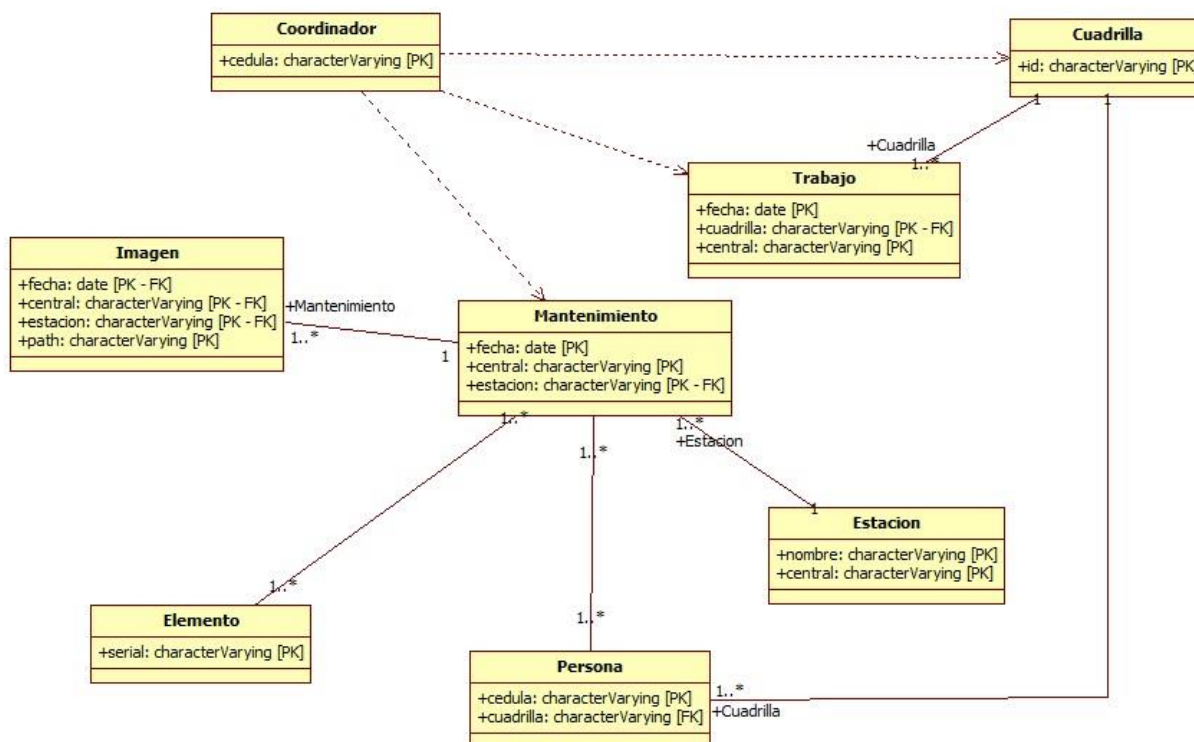


Figura 28. Diagrama Entidad/Relación. Fuente: Elaboración propia.

Atributos

A continuación se describen los atributos de cada entidad. La propiedad Length al no estar definida, toma por defecto valores entre 0 y 255 caracteres, a no ser que sean de tipo texto o fecha.

Coordinador		
Registro	Data Type	Length
cedula	string	11
nombre	string	30
apellido	string	30
clave	string	100
rh	string	3
telefono	string	10

cuadrilla		
Registro	Data Type	Length
id	string	20
contra	string	
central	string	30

elemento		
Registro	Data Type	Length
equipo	string	
serial	string	20
sistema	string	
observacion	string	
estado	string	
estación	string	
central	string	
fecha	date	

estación		
Registro	Data Type	Length
nombre	string	20
ubicacion	string	255
central	string	

imagen		
Registro	Data Type	Length
path	string	
fecha	date	
central	string	
estacion	string	

Mantenimiento		
Registro	Data Type	Length
fecha	Date	
fecha_orden	String	50
central	String	50
operación	String	
duracion_total	String	50
inicio_ubicacion	String	20
inicio_hora	String	6
llegada_ubicacion	String	20
llegada_hora	String	6
salida_ubicacion	String	20
salida_hora	String	6
llegada_ubicacion2	String	20
llegada_hora2	String	6
estado_solicitud	String	
informe_completado	String	
estacion	String	
nro_orden	String	
conclusiones	String	
observaciones	String	
actividades	String	

Persona		
Registro	Data Type	Length
cedula	String	11
nombre	String	30
apellido	String	30
rh	String	3
telefono	String	10
rol	String	
cuadrilla_actual	String	

Trabajo		
Registro	Data Type	Length
Fecha	date	
Descripción	text	
Tipo	string	20
Estación	string	20
cuadrilla_actual	string	
Central	string	
Estado	string	

3.4.6. Diseño de interfaz de usuario

A continuación, se comparten los mockups que sirvieron como base para el diseño de la interfaz gráfica tanto de la aplicación móvil como web.

Interfaz de usuario aplicación web

En la pantalla que se muestra en la **Figura 29**, se espera que el usuario ingrese sus credenciales para poder hacer uso de los módulos operativos.

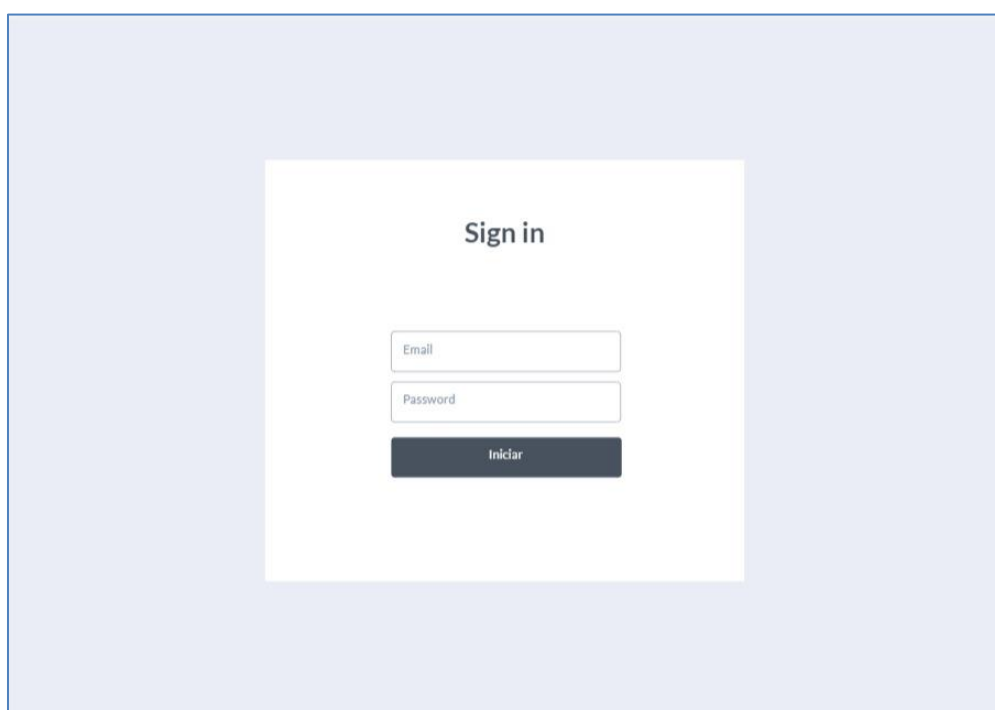


Figura 29. Página de login a la aplicación web. Fuente: Elaboración propia

La pantalla de inicio (Ver **Figura 30**), muestra los módulos operativos disponibles en la aplicación web y permite dirigirse a cada uno de ellos al dar clic en los cuadros centrales.

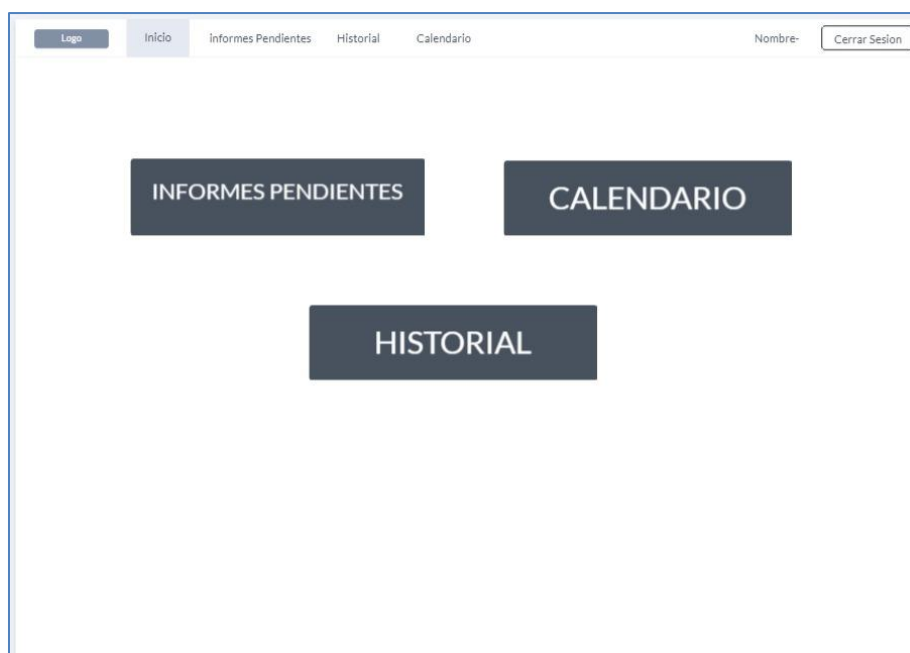


Figura 30. Página del módulo de inicio, visualización de las pantallas disponibles en la página web.
Fuente: Elaboración propia

La pantalla de informes pendientes (Ver **Figura 31**), permite al usuario acceder a los informes enviados por los grupos de mantenimiento, que no han sido revisados por los coordinadores.

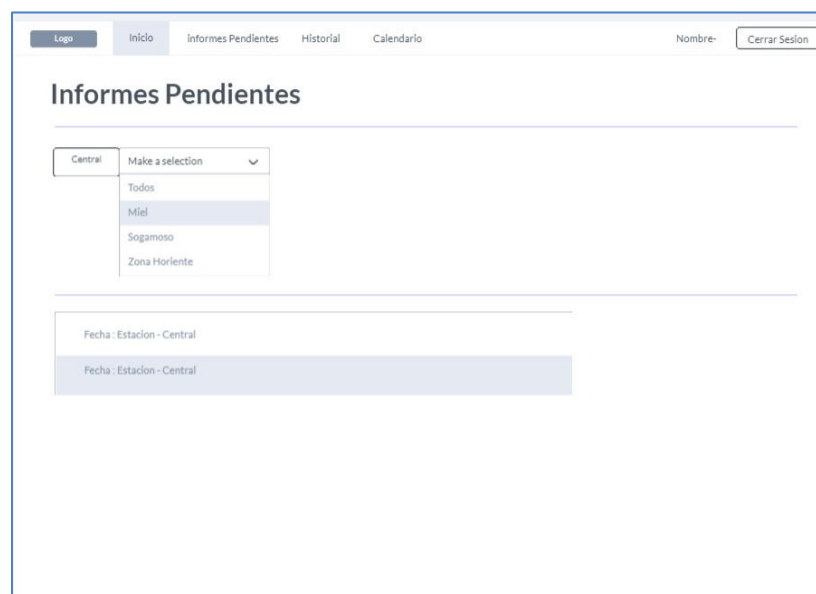


Figura 31. Página del módulo informes pendientes. Fuente: Elaboración propia

La pantalla de historial (ver **Figura 32**), permite a los usuarios el acceso a los informes de mantenimiento ya aprobados por los coordinadores.

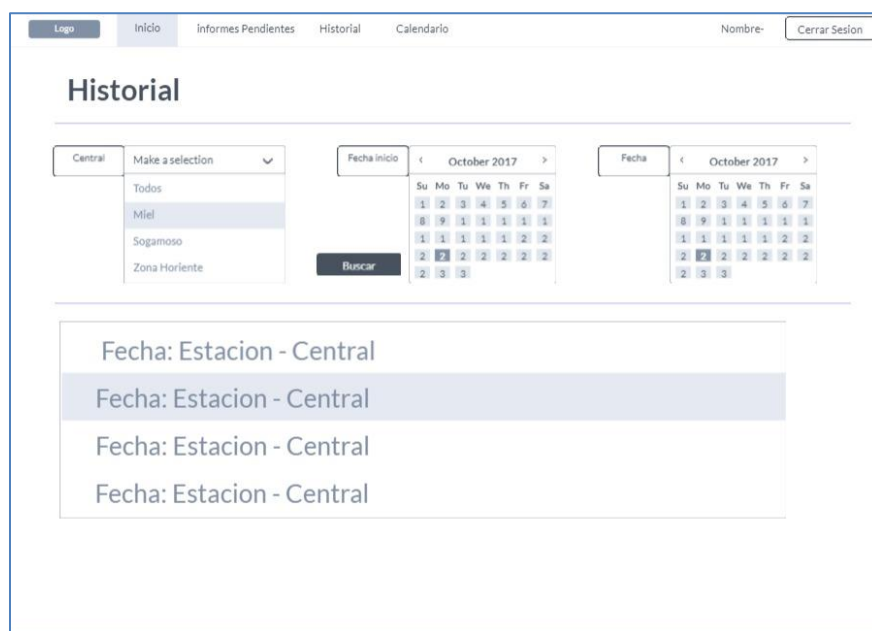


Figura 32. Página del módulo de historial de mantenimientos. Fuente: Elaboración propia

La pantalla de calendario (ver **Figura 33**), permite ingresar la programación semanal, eligiendo la central y grupo; permite también visualizar el historial de programación de mantenimientos. Dando clic en uno de los días de la semana, la aplicación despliega una ventana emergente (ver **Figura 34**) la cual ingresa la información del mantenimiento a realizar (Estación, central, tipo de mantenimiento y una breve descripción).

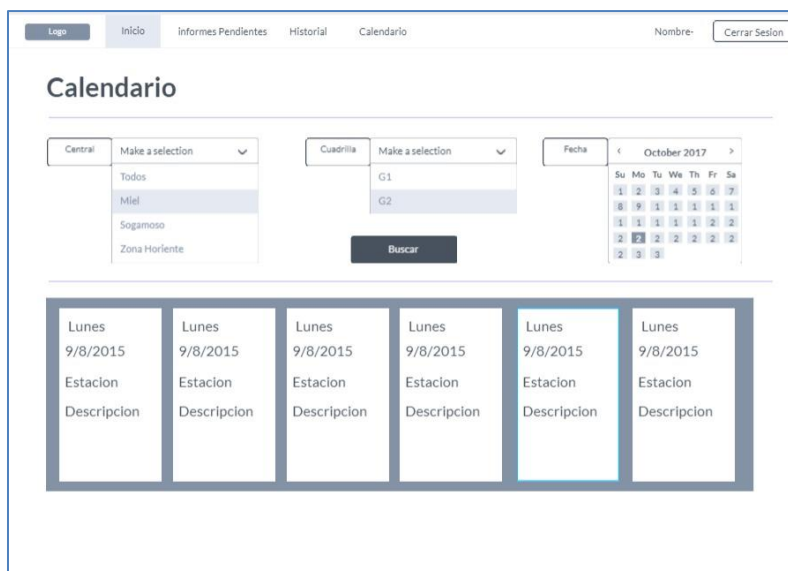


Figura 33. Página del módulo de calendario. Fuente: Elaboración propia

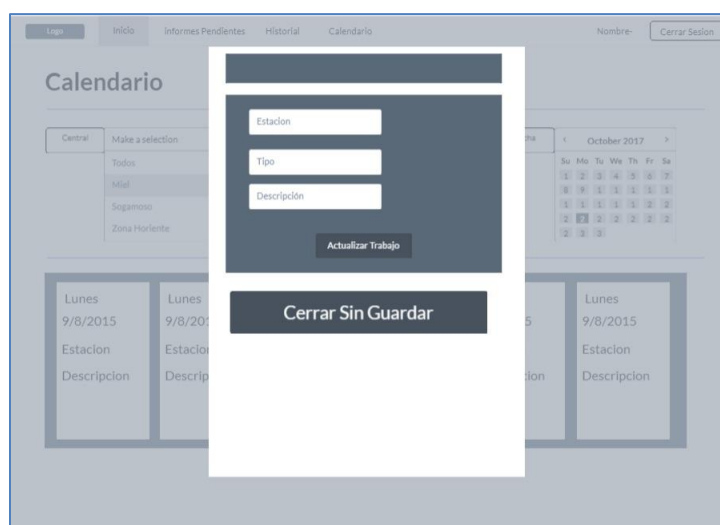


Figura 34. Pop-up Ingresar actividad de mantenimiento en módulo calendario. Fuente: Elaboración propia

Interfaz de usuario aplicación móvil

La **Figura 35**, muestra la página inicial de la aplicación, allí es necesario el ingreso de las credenciales por parte del usuario para el acceso a las páginas operativas.

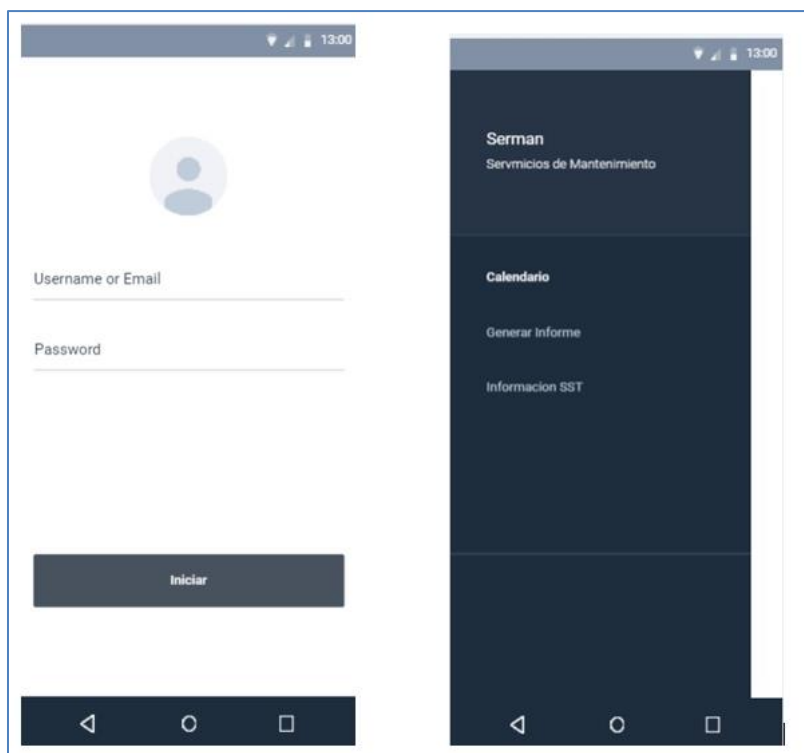


Figura 35. Pantalla de inicio de sesión y pantalla slide opciones de usuario. Fuente: Elaboración propia

Una vez el usuario accede a la aplicación, es dirigido a la página de calendario, allí aparecen los trabajos ordenados de forma ascendente de acuerdo a la fecha en deben ser ejecutados (Ver **Figura 36**). El usuario al seleccionar uno de los trabajos listados del calendario, será enviado a una ventana modalidad, donde encontrará la información referente a la actividad que va a realizar en esa fecha (Ver **Figura 37**).

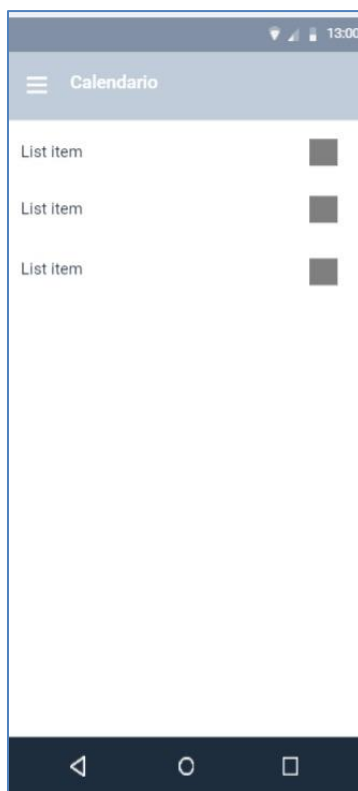


Figura 36. Pantalla de calendario. Fuente: Elaboración propia

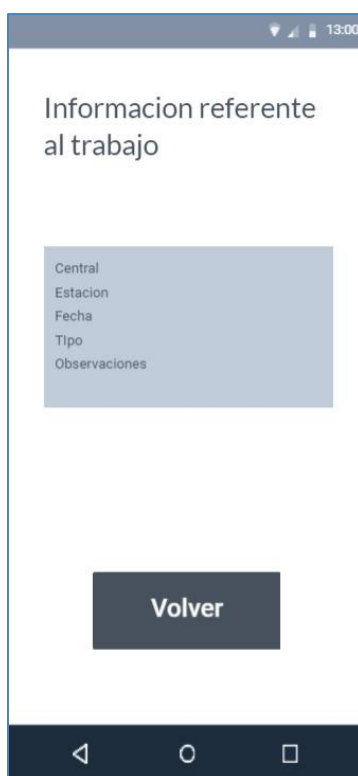


Figura 37. Pantalla de resumen de actividad a realizar. Fuente: Elaboración propia

The image displays two side-by-side screenshots of a mobile application interface for creating a maintenance record. Both screens have a green header with the text 'Presa - 22/07/2020' and a close button (X). The left screenshot shows a form with the following fields: 'Duración total: (en horas)', 'Tiempos y lugares de desplazamiento' (with a right arrow), 'Ubicación donde inició:', 'Hora de inicio:', 'Ubicación de llegada:', 'Hora de llegada:', 'Pernoctan' (with a dropdown arrow), 'Ubicación de salida:', 'Hora de salida:', 'Ubicación de llegada final', and 'Hora de llegada final'. Below these are four more sections, each with a right arrow: 'Estado de solicitud', 'Actividades realizadas', 'Conclusiones', and 'Observaciones'. The right screenshot shows the same form but with a different layout for the bottom half. It includes a 'Nueva observación:' field with a green plus icon and a text area containing 'Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur'. Below this is a large grey box with a triangle icon, and two buttons: 'Tomar foto' with a camera icon and 'Seleccionar foto' with a photo icon. At the bottom is a large green 'Confirmar' button.

Figura 38. Pantalla de creación de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

La pantalla que se muestra en la **figura 38**, contiene la página de formularios, donde se ingresa de forma detallada la información del mantenimiento realizado. Este cuenta con un campo donde el usuario debe tomar un registro fotográfico de la actividad.

La pantalla de formularios, no permite finalizar la actividad si falta información dentro de alguno de los campos obligatorios a llenar.



Figura 39. Pantallas de procesos de actividades seguras SST. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la pantalla que se muestra en la **Figura 39**, contiene información de los procedimientos que se deben llevar a cabo para realizar trabajos de forma segura, esta información es alimentada por parte del coordinador SST a través del organizador.

3.5. Diagrama de implementación

3.5.1. Diagrama de componentes

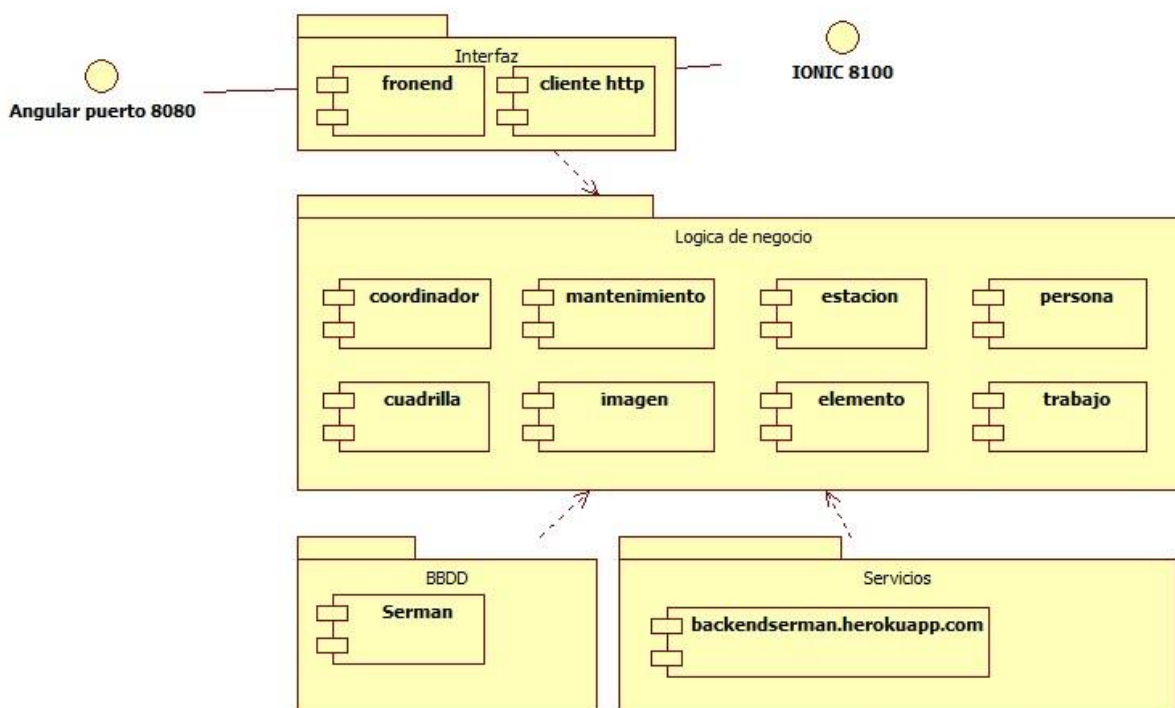


Figura 40. Diagrama general de componentes. Fuente: Elaboración propia

La base de datos está compuesta por ocho tablas, fue creada en postgresQL y administrada por pgAdmin 4.

El despliegue de las aplicación móvil y web, se realiza utilizando la plataforma heroku con dynos de node.js (web npm start) y complementos Postgre almacenados en AWS (Heroku Postgress).

3.5.2. Diagrama de infraestructura

La infraestructura aplicada para la solución TI del proyecto fue basada en FRAMEWORKS, siendo IONIC 6.0 la versión utilizada para el desarrollo backend y Angular 8.6 la versión utilizada para el desarrollo frontend (ver **Figura 41**).

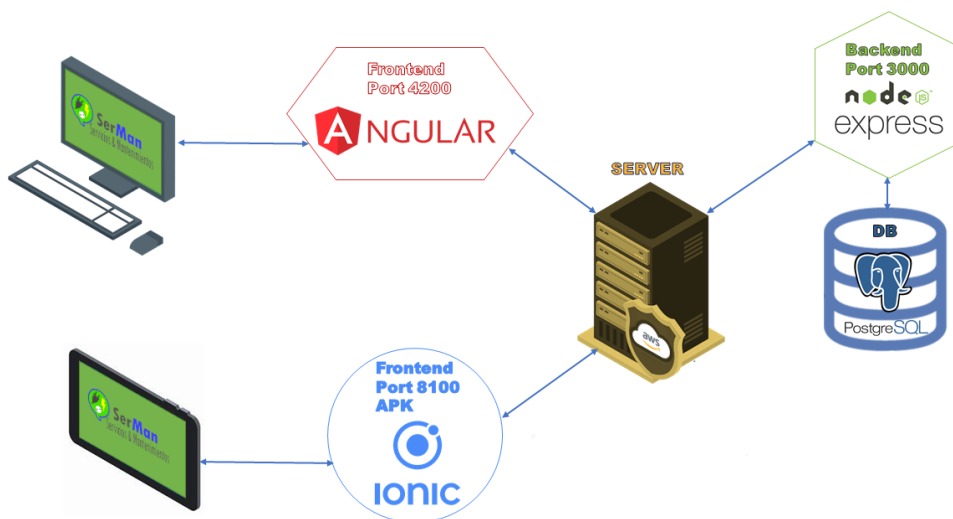


Figura 41. Diagrama de infraestructura sistema T.I. Fuente: Elaboración propia

Cada componente Angular consta de al menos un archivo de diseños HTML, un archivo de estilos CSS y/o archivos complementarios TypeScript (Ver **Figura 42**).

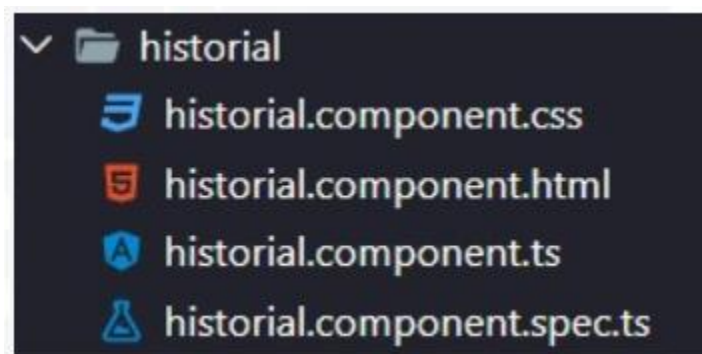


Figura 42. Jerarquía Angular 8.6. Fuente: Elaboración propia Visual Studio Code.

IONIC es un FRAMEWORK basado en Angular y cada componente está compuesto por al menos un archivo HTML, SCSS y TypeScript (ver **Figura 43**).

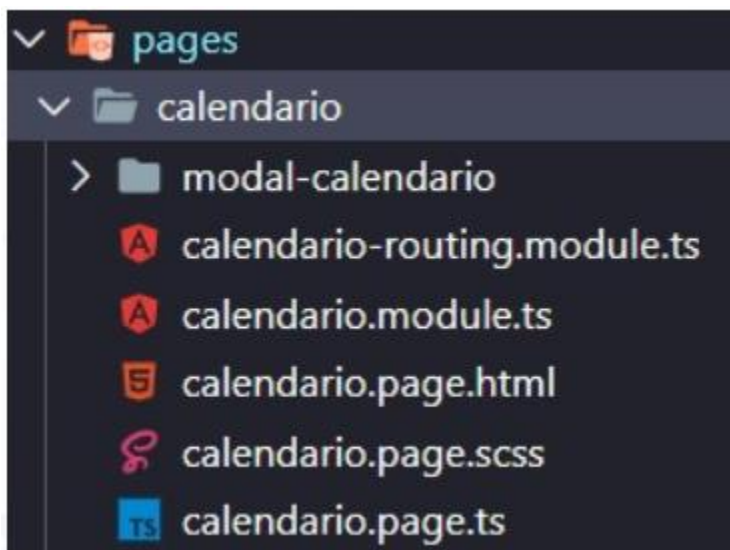


Figura 43. Jerarquía IONIC 6.0. Fuente: Elaboración propia tomado de Visual Studio Code.

4. VALIDACION

Debido a no tener una autorización formal por parte de ISAGEN para realizar pruebas de usuario y poder usar información real de los informes de mantenimientos, dentro de la etapa de validación solución TI propuesta, se realizaron pruebas únicamente de desarrollo y fueron realizadas en cada uno de los módulos operativos de la aplicación web y las páginas de la aplicación móvil. La validación se realizó sobre la base de ingresar información ficticia de 10 actividades de mantenimiento simuladas, en estaciones hidrológicas de la central hidroeléctrica MIEL I, de las cuales algunas corresponden a actividades de mantenimiento preventivo y otras de mantenimiento correctivo.

Para esta validación, los informes quedan alojados en los diferentes estados que pueden tener, con el fin de evaluar el cambio de estado de los mismos. (Ver **Figura 27**).

Adicionalmente queda información de algunas actividades SST alojadas en la aplicación móvil y se evalúa el proceso de registro de las mismas.

4.1. Pruebas

En los archivos anexos a este documento se comparten los videos de pruebas realizadas con la solución T.I. Para las actividades de validación mencionadas revisar el **Anexo F**. Videos de funcionamiento.

4.1.1. Inicio de sesión aplicación móvil

Se ingresa a la página web <https://mdserman.herokuapp.com> y en la pantalla principal se ingresan las credenciales de inicio de sesión, que fueron referenciadas al inicio del **Capítulo 3 Desarrollo**. Se adjuntan las pruebas en el video del **Anexo F1**. Prueba inicio sesión.

4.1.2. Prueba de navegación módulo de inicio

Una vez se haya ingresado a la página web, se realizan pruebas de navegación desde el módulo de inicio, donde se verifica el correcto funcionamiento de los enlaces hacia los demás módulos. (Ver **Anexo F2**. Prueba navegación módulo inicio).

4.1.3. Prueba de registro de actividades.

En el módulo Calendario, se seleccionan la Central, la Cuadrilla y la Fecha base, para ubicar el calendario en la semana deseada y así poder programar las actividades de mantenimiento de la cuadrilla seleccionada. (Ver **Anexo F3**. Prueba de registro de actividades). Una vez ingresada la programación de mantenimiento, se verifica que haya quedado guardada dentro de la programación semanal. (Ver **Anexo F4**. Prueba de validación de registro).

4.1.4. Prueba módulo Historial

En la pantalla Historial se visualizan las actividades realizadas por los grupos de mantenimiento que han sido aprobadas por el coordinador de la zona; para acceder a la información se ingresa la fecha de inicio, la fecha final de la búsqueda y la central a revisar y se da clic en buscar. Para las validaciones realizadas se usaron informes de mantenimiento del mes de Julio del año en curso. Una vez encontrado el informe deseado, este es descargado en archivo PDF para su visualización. (Ver **Anexo F5**. Prueba revisión módulo historial).

4.1.5. Prueba módulo informes pendientes

Los pendientes, hacen referencia a los informes finalizados por los grupos de mantenimiento que no han sido revisados por el coordinador de la zona (Ver **Anexo F6**. Prueba módulo informes pendientes). En este módulo se tiene opción de filtrar los informes pendientes por central o por todas las centrales. Una vez seleccionado un informe pendiente aparece una ventana emergente donde se permite descargar el informe para su revisión y cuyas opciones de entrada son:

- **Rechazar informe:** Se rechaza el informe cuando el coordinador no está conforme con la información ingresada por su grupo de mantenimiento, porque considera que está incompleta o con errores y debe ser corregida.
- **Completar informe:** Cuando la información recibida, cumple con los estándares de validez del coordinador de la zona y es aprobado y almacenado en la base de datos de mantenimientos.

4.1.6. Inicio de sesión aplicación móvil

Una vez instalado el APK que contiene la aplicación móvil se puede hacer uso de la aplicación móvil, como página principal se encuentra el inicio de sesión, se deben ingresar las credenciales de inicio de sesión que se tienen para cada grupo de mantenimiento (Ver **Anexo F7**. Prueba inicio sesión aplicación móvil).

4.1.7. Prueba módulo calendario aplicación móvil

El módulo calendario permite visualizar las actividades programadas para visitas próximas, en cada estación, donde se incluyen día, fecha, tipo de actividad a realizar y descripción de la actividad (Ver **Anexo F8**. Prueba módulo calendario aplicación móvil).

4.1.8. Prueba módulo de informes aplicación móvil

Los informes pendientes, son los que están para revisar, y deben contener: tipo de mantenimiento, fecha, orden, número de la orden, central, y estación. En esta página se ingresa la información relacionada con el mantenimiento, como son hora de llegada, hora de inicio, ubicación de llegada, si pernoctan o no los grupos de mantenimiento, ubicación de salida, hora de salida,

ubicación del destino final y hora de llegada a ese destino. de igual manera se ingresa el listado de las actividades realizadas en campo. (Ver **Anexo F9**. Prueba módulo informes aplicación móvil).

4.2. Resultado de pruebas

A continuación, se listan los resultados obtenidos de las pruebas obtenidas:

Tabla 3. Resultado pruebas del sistema

Ítem	Prueba	Resultado	Recomendación
1	Inicio de sesión aplicación web	OK	Agregar opción, solicitar nueva contraseña en caso de que el operador la olvide.
1.2	Navegación modulo inicio	OK	
1.3	Prueba de registro de actividades	Regular	Se debe agregar una condición que no permita modificar actividades en fechas anteriores ya que atenta con la integridad de la información.
1.4	Modulo historial	OK	Se recomienda agregar más detalle a los informes filtrados, si es informe correctivo o preventivo.
1.5	Modulo informes pendientes	OK	
2	Inicio de sesión aplicación móvil	OK	Misma recomendación del ítem .
2.1	Modulo calendario	OK	
2.2	Informes aplicación móvil	OK	Cuando se agregue un informe, adicionar una notificación que informe al grupo de mantenimiento si el informe fue enviado o si queda almacenado localmente. El envío del informe depende de la calidad de la red de datos disponible en el celular del grupo de mantenimiento.

Como podemos observar en la **tabla 3**, aunque todas las pruebas se cumplieron, se identificaron mejoras al sistema propuesto, que al aplicarlas aumentarían la calidad de servicio; estos es posible llevarlo a cabo, ya que el sistema contempla la integración continua dentro de la metodología Mobile-D aplicada.

5. CONCLUSIONES

Luego de realizar las evaluaciones correspondientes a cada uno de los desarrollos del presente proyecto y utilizando los resultados de la información obtenida en trabajo de campo, se concluye que:

La utilización de métodos tradicionales en la recolección y entrega de información, impide la optimización del tiempo y los recursos, disminuyendo la capacidad de gestión a nivel empresarial tanto de la empresa contratante como de la contratista, toda vez que los datos históricos cuando se requieren, deben buscarse manualmente en archivos físicos o en formatos digitales.

La falta de implementación de sistemas TI y de formación del personal en el uso de los mismos, en las empresas prestadoras de servicios, disminuyen la productividad y efectividad en los procesos, puesto que el trabajo se constituye en un ejercicio dispendioso que requiere de más tiempo, especialmente cuando se acopia la información de campo de forma manual para luego ser digitada en los informes a entregar.

La aplicación del modelo Kanban permitió introducir mejoras notorias para el desarrollo de los procesos de recolección, acopio y centralización de la información, como también para la organización de tareas relacionadas con la implementación del sistema TI.

El sistema TI implementado consta de página Web, aplicación móvil y base de datos, que, utilizadas simultáneamente, permiten desarrollar los procesos de planeación, ejecución, seguimiento en tiempo real, evaluación y retroalimentación en el contrato de mantenimiento de las estaciones hidrológicas de las centrales hidroeléctricas de ISAGEN.

La solución TI implementada, puede ser usada en las diferentes áreas de operación de otras empresas, para mejorar la productividad y la eficiencia en sus procesos, ya que solo bastaría con adaptar la solución a la necesidad específica de la empresa.

El sistema TI implementado, cuenta con la capacidad de interactuar con otras herramientas software, suministrando en tiempo real, información que sea requerida por otras áreas de la organización, permitiendo proyectar su influencia en las mismas, al tener la posibilidad de servir de soporte para áreas que tengan afinidad con el área del contrato de mantenimiento.

Las posibilidades de interacción de la solución TI implementada, se constituyen en una excelente oportunidad para el desarrollo continuo de la misma, en la medida que surjan en el tiempo nuevos requerimientos que obligarán a la inclusión de nuevos desarrollos, actualizaciones y parametrizaciones, que le brindarán mayor capacidad y robustez a la solución TI implementada, pero ante todo, le permitirá convertirse en la herramienta que podría integrar nuevos procesos relacionados con la operación y funcionamiento de centrales hidroeléctricas, además cuenta con la posibilidad de consumo de servicios ya implementados por otras aplicaciones que podrán ser visibles en el software.

Partiendo de los resultados alcanzados durante el proceso de diseño e implementación de la solución TI, es posible integrar softwares de reportes y consultas tales como PowerBI que pueden quedar almacenados dentro de la misma página web, permitiendo a los usuarios, contar con información estadística relacionada con los históricos de mantenimiento de las estaciones

hidrológicas de las centrales hidroeléctricas de ISAGEN. Y ampliar el radio de acción en las diferentes áreas de la empresa.

6. REFERENCIAS

- Abrahamsson, P., Hanhineva, A., Hulkko, H., Ihme, T., Jäälinoja, J., Korkala, M., ... & Salo, O. (2004, October). Mobile-D: an agile approach for mobile application development. In *Companion to the 19th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming systems, languages, and applications* (pp. 174-175). ACM.
- Anderson, D.J., (2010). *Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*. Blue Hole Press.
- Autelsi, Asociación española de usuarios de telecomunicaciones y de la sociedad de la información (2009). *Modelos de negocios en dispositivos y aplicaciones móviles*. Recuperado de <http://www.autelsi.es/cms/autel/images/socios/aplicmov.pdf>.
- Brown, C. M., Lund, J. R., Cai, X., Reed, P. M., Zagana, E. A., Ostfeld, A., & Brekke, L. (2015). The future of water resources systems analysis: Toward a scientific framework for sustainable water management. *Water resources research*, 51(8), 6110-6124.
- Burbano-Girón, J., Domínguez, E., & Barón-Ruiz, O. (2016). Analysis of the relationship between morphometric and biophysical variables in the estimation of probability characteristics for surface water supply in Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(156), 514-526.
- Díaz, J. J. F., Acosta, L. M., Montería, S., Ramos, A. A. L., & Montería, S. (2017). Parámetros hidrológicos y tensores en la dinámica fluvial: estudio en cuencas del caribe colombiano.
- GRAF, R. (1999). *MODERN DICTIONARY OF ELECTRONICS*. (7.a ed.) Boston, Estados Unidos: Editorial: Newnes
- Hernando, J; Riera, J; Mendo, L. (2013) *Transmisión por radio*. (7.a ed.) Madrid, España: Editorial: Centro de estudios Ramón Areces. S.A
- ISAGEN S.A. E.S.P. (2014, octubre). *Central-Hidroelectrica-Miel-I*. Recuperado de: <https://memoriaempresarial.eafit.edu.co/wp-content/uploads/2014/10/Central-Hidroelectrica-Miel-I.pdf>
- Mantilla, M. C. G., Ariza, L. L. C., & Delgado, B. M. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Revista Tecnura*, 18(40), 20-35.
- Mobile Marketing Association. "Libro Blanco de las Web móviles." *España: MMA* (2012).

National Research Council (US). Committee on Oceanography. (1962). *Disposal of low-level radioactive waste into Pacific coastal waters* (Vol. 985). National Academies.

Navas, M. M. El uso de las TIC para el aprendizaje de la Programación Cuba, 2008. Recuperado de: <https://www.monografias.com/trabajos55/tic-en-programacion/tic-en-programacion.shtml>

Ocampo, O. (2014). Análisis comparativo de modelos hidrológicos de simulación continua en cuencas de alta montaña: caso del Río Chinchiná. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(24), 43-58. <https://doi.org/10.22395/rium.v13n24a3>

Pilon, P. J., Winkler, T., Harvey, K. D., & Kimmitt, D. R. (1991, August). Hydrometric data in support of climate change studies in Canada. In *NATO Advanced Research Workshop on Opportunities for Hydrological Data in Support of Climate Change Studies, Lahnstein, Germany* (pp. 26-30).

Pressman, R. S. (2006). *Ingeniería del software*. McGraw-Hill Education

PRINCIPAL - IDEAM. (2017). *Ideam.gov.co*. Retrieved 12 May 2017, from <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima>

Real Academia Española[RAE]. (2020). Página Web. *Rae.es*. Recuperado de <https://dpej.rae.es>

Rahimian, V., & Ramsin, R. (2008). Designing an agile methodology for mobile software development: A hybrid method engineering approach. *2008 Second International Conference on Research Challenges in Information Science*, 337-342. <https://doi.org/10.1109/rcis.2008.4632123>

Sierra Escobar, L. F. (2013). Gestión Documental enfocada a procesos: una mirada desde la administración pública distrital *. *Revista Interamericana De Bibliotecología*, 2012, vol. 35, no. 3, pp. 243-255 Recuperado a partir de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/RIB/article/view/15870>.

Sommerville, I. F., (2011). *Ingeniería De Software* (9.^a ed.). Pearson Educación.

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2016. *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo*. París, UNESCO.

Zaratiegui, J. R. (1999). La gestión por procesos: Su papel e importancia. *Economía industrial*, 330, 81-8.


JOSE LUIS GIRALDO AGUDELO