Revista Tecnocientífica URU
Universidad Rafael Urdaneta
No. 28 Enero - Junio 2025
Depósito Legal: PPI 201402ZU4464
ISSN: 2343-6360
CC BY-SA 4.0

Sistema de información geográfica para la gestión de activos en Laboratorios de Materiales y Suelos de una universidad privada venezolana

Geographic information system for asset management in Soil and Materials Laboratories of a Venezuelan private university

Luis J.J González-Madrid
Universidad Rafael Urdaneta, Decanato de Posgrado e Investigación, Maestría en Gerencia de Mantenimiento. Maracaibo, Venezuela.
https://orcid.org/0009-0009-0956-2177 | Correo electrónico: luis.gonzalez.81053@uru.edu
Abel A. González-Beltrán
Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geodésica. Maracaibo, Venezuela
https://orcid.org/ 0009-0007-8478-8091 | Correo electrónico: abangobe@gmail.com
Recibido: 18/06/2025 Admitido: 23/06/2025 Aceptado:00/00/0000

Resumen

Esta investigación propuso el desarrollo de un sistema de información geográfica (SIG) para mejorar la gestión de activos en los Laboratorios de Materiales y Suelos de una universidad privada venezolana. El objetivo general fue desarrollar un SIG que permitiera la identificación, visualización y análisis espacial de activos, mediante la recolección de datos de ubicación, condiciones y detalles técnicos para facilitar una toma de decisiones informada y una planificación estratégica del mantenimiento. Utilizando técnicas cualitativas y cuantitativas, se implementaron herramientas como ArcGIS ArcMap y ArcGIS Online para la recopilación, validación y almacenamiento de datos detallados. El proceso metodológico incluyó el diseño de flujos de trabajo eficientes para la recopilación y almacenamiento de datos, la integración de herramientas SIG en línea y la implementación de un panel de gestión para observar alertas tempranas. Se demostró la eficacia del SIG para la gestión integral de los activos, mejorando la eficiencia operativa y la accesibilidad de la información. Además, se identificaron áreas para futuras mejoras, como la resolución de desajustes entre diferentes versiones de software. Esta investigación proporciona un modelo valioso y adaptable para la gestión de activos en entornos académicos.

Palabras clave: Sistema de información geográfica, gestión de activos, laboratorios, flujos de trabajo, panel de gestión.

Abstract

This research proposed the development of a geographic information system (GIS) to improve asset management in the Materials and Soil Laboratories of a private Venezuelan university. The general objective was to develop a GIS that would allow for the identification, visualization, and spatial analysis of assets by collecting location, condition, and technical details data to facilitate informed decision-making and strategic maintenance planning. Using qualitative and quantitative techniques, tools such as ArcGIS ArcMap and ArcGIS Online were implemented for the collection, validation, and storage of detailed data. The methodological process included the designing efficient workflows for data collection and storage, integrating online GIS tools, and implementing a management dashboard to observe early alerts. It was demonstrated the effectiveness of the GIS for comprehensive asset management, improving operational efficiency and information accessibility. Additionally, areas for future improvements were identified, such as resolving discrepancies between different software versions. This research provides a valuable and adaptable model for asset management in academic environments.

Keywords: *geographic information system, asset management, laboratories, workflows, management dashboard*

Introducción

La gestión eficiente de activos en Laboratorios de Materiales y Suelos dentro del ámbito universitario, representa un desafío crucial. Mantener estos activos en óptimas condiciones es fundamental para asegurar la calidad de la investigación y la enseñanza. Sin embargo, la falta de un sistema integral de gestión de activos basado en tecnologías de información geográfica (SIG) dificulta la identificación, visualización y análisis espacial de los mismos. Esta carencia conlleva a una toma de decisiones limitada, una planificación reactiva de mantenimiento y subutilización de recursos, lo que impacta negativamente en la eficiencia operativa y la vida útil de los activos.

En la literatura, diversos estudios han destacado el avance de las tecnologías de información geográfica que han transformado la gestión de activos en diversos sectores. Quevedo y Romero [1] en su investigación, generaron un sistema de reporte y gestión geográfica de incidencias, que resultó fundamental para el diseño de aplicaciones web y móviles utilizando bases cartográficas SIG, mediante un enfoque práctico y accesible que permitió recopilar datos y garantizar su actualización en tiempo real. Por su parte, Medina, Cantuca y Bautista [2], en su estudio de implementación de metodologías para la gestión de activos, proporcionaron información valiosa en el ámbito de la gestión de activos, ofreciendo un enfoque estructurado y comprobado para la gestión de proyectos, adaptable a las especificaciones del laboratorio.

En la investigación de Ruz [3], sobre el diseño y propuesta de un dashboard para el control de gestión del departamento de estudios de una empresa constructora, se ofrecen las bases para el diseño y propuesta de un dashboard para el control de la gestión, demostrándose la sinergia entre los softwares utilizados. Los trabajos de Barrera [4] y Rojas [5], destacan la importancia del mantenimiento en la gestión de activos, la identificación de factores a estudiar y su relevancia, así como la propuesta del uso de documentos, hojas de inspección y diagramas de flujo, como base aplicable a la gestión de activos del laboratorio.

A la luz de estos hallazgos, es evidente que la implementación de SIG adaptados a las necesidades de Laboratorios de Materiales y Suelos sigue siendo limitada, lo que genera una brecha en la investigación. Este vacío se propone abordar mediante el desarrollo de un SIG destinado a la gestión eficiente de activos en laboratorios universitarios, lo que no solo optimizará los procesos internos del laboratorio, sino que también servirá como caso de estudio relevante para otras instituciones y organizaciones.

Esta investigación se planteó como objetivo, desarrollar un sistema de información geográfica para la gestión de activos en Laboratorios de Materiales y Suelos de una universidad privada venezolana. Para ello, se llevaron a cabo actividades específicas como la selección de tecnologías SIG adecuadas, el diseño de flujos de trabajo eficientes, la integración de datos en tiempo real con plataformas SIG, y la creación de paneles de gestión para la observación de alertas y datos en tiempo real.

Metodología

El enfoque adoptado en esta investigación es un enfoque mixto, buscando proponer soluciones a problemas específicos mediante la exploración, descripción y explicación de fenómenos relevantes para la gestión de activos universitarios, así como para comprender detalladamente las especificaciones y necesidades de los activos del laboratorio.

Para llevar a cabo este estudio, se siguió una investigación de tipo descriptiva y proyectiva y un diseño de investigación no experimental, de campo y transeccional. Se empleó el diseño no experimental dado que no se manipularon directamente variables independientes ni se controlaron las condiciones del entorno; en cambio, se observaron y describieron fenómenos tal y como se presentaron en su contexto natural, sin intervenir de manera activa. Además, se utilizó el diseño de campo para realizar el inventario de los equipos y maquinarias del Laboratorio de Materiales y Suelos, recolectando datos directamente del entorno donde se encuentran los activos. Del mismo modo, se adoptó el diseño transeccional para recolectar datos, capturando la situación específica del laboratorio en un periodo determinado [6].

La unidad de análisis en esta investigación se centró en los activos individuales del Laboratorio de Materiales y Suelos de la universidad, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a criterios como la relevancia para las labores de investigación y enseñanza, la frecuencia de uso y los costos, entre otros factores. Los activos fueron considerados como unidades separadas para su análisis y gestión dentro del sistema de información geográfico.

Para la recolección de datos, se utilizó la observación directa estructurada y la observación documental. Se implementaron formularios para recolectar la información de los activos y se utilizó el documento de Excel y ArcGIS como instrumentos para recopilar y analizar datos. Estas herramientas permitieron obtener una visión completa y detallada de los activos del laboratorio, así como sus necesidades y características.

Para llevar a cabo la recopilación, validación y almacenamiento de datos detallado de los activos del Laboratorio de Materiales y Suelos, se revisaron los procesos actuales de recopilación de datos en el laboratorio y se identificaron las necesidades de información específicas para la gestión de activos. Luego se establecieron protocolos de validación de datos para garantizar su precisión y se seleccionó la plataforma para el almacenamiento de los datos. Posteriormente, se estableció un flujo de trabajo eficiente utilizando las herramientas SIG online. Mediante una investigación documental, se seleccionó la herramienta SIG en línea más adecuada para el laboratorio, luego se diseñó un flujo de trabajo que integró la herramienta SIG seleccionada con los procesos existentes en el laboratorio, y se configuró una herramienta SIG en línea para adaptarla a las especificaciones del laboratorio.

Una vez configurada la integración entre la herramienta SIG en línea y ArcGIS online, se desarrolló un protocolo para la actualización automática de datos en tiempo real y se crearon mapas y visualizaciones de los datos utilizando ArcGIS online. Además, se capacitó al personal del laboratorio en la gestión de datos en ArcGIS online.

Finalmente, en lugar de utilizar el dashboard de ArcGIS online, debido a las limitaciones de la licencia de desarrollador gratuita, se optó por el uso de la plataforma de Google para generar un formulario de registro de uso y estado de equipos del Laboratorio de Materiales y Suelos. Este formulario permitió visualizar en tiempo real los datos recopilados a través de un dashboard integrado, realizando un seguimiento a los indicadores críticos que establecieron las alertas tempranas y también la exportación de la información mediante una hoja de cálculo.

Es importante considerar algunas limitaciones encontradas en la investigación relacionadas con la disponibilidad y accesibilidad a la información de los activos del laboratorio, al desarrollo e implementación del sistema de información geográfica enfrentando desafíos técnicos como problemas de compatibilidad entre plataformas, las restricciones de recursos informáticos o limitaciones en la capacidad de procesamiento de la información, las limitaciones de las licencias gratuitas para el uso de aplicaciones web; así como también, los cambios en el entorno del laboratorio, la adquisición de nuevos equipos o la modificación de procesos de trabajo. Para solventar esos escollos, se llevaron a cabo revisiones continuas del proceso de investigación, para identificar y abordar cualquier desafío o limitación encontrada.

Resultados y discusión

Durante el diseño de un flujo de trabajo eficiente para la recopilación, validación y almacenamiento de datos detallados de los activos del Laboratorio de Materiales y Suelos, se observó que actualmente existe una metodología establecida para recolectar información de los activos y su verificación directa. El jefe de laboratorio mantiene un inventario detallado, donde la información de los equipos es suministrada mediante observación directa por parte del jefe de laboratorio y los profesores encargados del manejo de los equipos durante las clases, esta documentación incluyó fichas técnicas que poseen datos de los activos como: denominación, tipo, marca, modelo, serie, color, imagen fotográfica, serial del equipo, número de registro, cantidad, estado, observaciones y recomendaciones. Estos datos se almacenaron en plantillas PDF, las cuales

son compartidas con el jefe de mantenimiento de la universidad, estos datos fueron posteriormente archivados en una hoja de cálculo para poder ser analizados, como se muestra en la Figura 1.

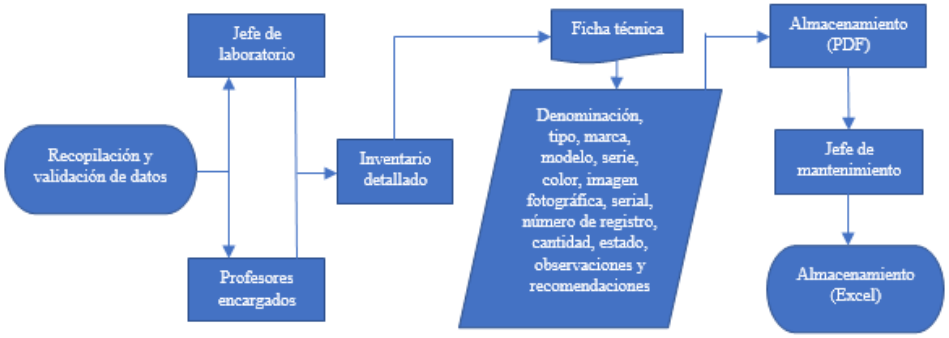


Figura 1. Flujo de trabajo para la recopilación y validación de los datos

Con este flujo de trabajo se evidenció el estado de los equipos y mediante el análisis de los mismos, se pudo obtener una visión general del estado del laboratorio. En la Tabla 1, se presenta el inventario de equipos del laboratorio.

Tabla 1. Inventario de los equipos del laboratorio

N°	DENOMINACION	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE	COLOR
1	TESTER CBR	MARSHALL	CONTROLS	NULL	B29-B31	GRIS Y NEGRO
2	MAQUINA DE COMPRENSIÓN	NULL	CIVITECH	50 –Q90C14	NULL	AZUL MARINO
3	TAMIZADORA ELECTRICA	ELECTRICA	INTERMATIC	NULL	NULL	AZUL CLARO
4	BALANZA HIDROSTATICA	MANUAL	NULL	NULL	NULL	AZUL
5	BALANZA	4000GR/800GR	OHAUS	17VDC	NULL	BEIGE
6	BALANZA	BALANZA DE PRECISIÓN 6KG d=0,1gr.	ADAM	CBW	6H	GRIS
7	CAZUELA DE CASAGRANDE	3KG	HUMBOLDT MTG.	60656	NULL	NEGRO
8	HORNO PARA ENSAYOS DE PAV. Y SUELOS.	DIGITAL	QUINCY	NULL	NULL	MARRON
9	MAQUINA DE LOS ANGELES	MANUAL	ABQUALITY	NULL	NULL	AZUL
10	MAQUINA PARA COMPRESIÓN DE CILINDROS	NULL	SOILTEST	CT-726	NULL	MARRON
11	PENETROMETRO DE CONO	MANUAL	CONTROLS	NULL	BS 1377	BEIGE NEGRO
12	PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE	NULL	CONTROLS	NULL	NULL	BEIGE
13	HORNO	NULL	SOILTEST	Evenston	NULL	GRIS
14	HORNO	NULL	SOILTEST	Evenston	NULL	GRIS
15	HORNO	NULL	SOILTEST	Evenston	NULL	GRIS
16	TROMPO PARA MEZCLAR CONCRETO	MANUAL	NULL	NULL	NULL	AMARILLO

N°	DENOMINACION	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE	COLOR
17	MAQUINA DE SOLDAR	NULL	NULL	NULL	NULL	GRIS
18	BALANZA DE PESAJE	BALANZA ELECTRONICA DE PRESICIÓN	OHAUS	I10	III/IIIL	GRIS
19	FUENTE DE PODER	DE 110-120V	STAVOL SVC-350	NULL	NULL	GRIS
20	DIAL 1”x0,001”	PARA ENSAYO DE CBR	NULL	NULL	NULL	BLANCO NEGRO
21	MECHERO.	MANUALES	BUNSEN	NULL	NULL	COBRE
22	MECHERO.	MANUALES	BUNSEN	NULL	NULL	COBRE
23	VISCOCIMETRO	VIDRIO	CANNON	16804	0016	NULL
24	TEODOLITO	ELECTRONICO	TOPCON	DT-209	DT-200	AMARILLO NEGRO
25	TEODOLITO	ELECTRONICO	TOPCON	DT-209	DT-200	AMARILLO NEGRO
26	TEODOLITO	ELECTRONICO	TOPCON	DT-209	DT-200	AMARILLO NEGRO
27	TEODOLITO	ELECTRONICO	TOPCON	DT-209	DT-200	AMARILLO NEGRO
28	NIVEL	AUTOMATICO	TOPCON	AT-G6	NULL	AMARILLO
29	NIVEL	AUTOMATICO	TOPCON	AT-G7	NULL	AMARILLO
30	NIVEL	AUTOMATICO	TOPCON	AT-G8	NULL	AMARILLO
31	NIVEL	MANUAL	WILD	NT-001	NULL	GRIS
32	PLANIMETRO	MECÁNICO	SALMOIRAGHI	NULL	NULL	GRIS
33	PLANIMETRO	ELECTRONICO	TOPCON PLACOM	NULL	NULL	GRIS ROJO
34	PLANIMETRO	ELECTRONICO	TOPCON PLACOM	NULL	NULL	GRIS ROJO
35	PLANIMETRO	ELECTRONICO	TOPCON PLACOM	NULL	NULL	GRIS ROJO
36	TEODOLITO	MECÁNICO	BREIHAUPT	NULL	NULL	GRIS
37	TERMOMETRO	50°C	FRANCE	IMM48	NULL	BLANCO
38	TERMOMETRO	110°C	ASTM	NULL	B4	AMARILLO
39	TERMOMETRO	47°C	ASTM	NULL	B22	AMARILLO
40	MEZCLADOR DE TEJIDOS Y EMULSIONES	METALICO	ULTRA TURRAX	JANKE & KUNKEL	TP18/1021	AZUL
41	CONTADOR	METALICO	VEEDER ROOT	NULL	NULL	GRIS NEGRO
42	DIAL INDICADOR	METALICO	AGD GROUP 2	NULL	NULL	NEGRO BLANCO
43	ULTRASONIDO	ELECTRICO	TESTER	NULL	NULL	GRIS BLANCO

Del total de los 168 activos del laboratorio, en la Tabla 1 se pueden observar los 43 equipos pertenecientes al mismo.

Tabla 2. Estado de los equipos del laboratorio

Estado de los equipos	Porcentaje (%)
Activos	44%
Inactivos	56%

Se observa en la Tabla 2 una mayor proporción de equipos inactivos dentro del laboratorio, debido al desgaste, averías, antigüedad, y falta de mantenimiento, entre otros factores.

Tabla 3. Recomendaciones para los equipos inactivos

Estado de los equipos	Porcentaje (%)
Reparar	38%
Reemplazar	62%

Se puede observar en la Tabla 3, que la recomendación para la mayoría de los equipos es reemplazarlos, dando prioridad a equipos críticos y reemplazar aquellos obsoletos. Además de los datos observados, también se apreció que no existe una codificación interna de los activos en la universidad.

El flujo de trabajo implementado en el laboratorio permitió identificar de manera precisa el estado de los activos del mismo, proporcionando una base sólida para la planificación del mantenimiento y la toma de decisiones, esto asegura una gestión más eficiente y efectiva de los recursos. Los resultados obtenidos reflejan la realidad a la que se enfrenta el laboratorio, con desafíos relacionados con el desgaste, averías y antigüedad de los equipos. Por otro lado, la alta tasa de inactividad sugiere la necesidad de una estrategia de gestión de activos más robusta, que incluya programas de mantenimiento preventivo y correctivo, junto con la creación de un sistema de codificación que permita facilitar el seguimiento de los activos.

A continuación, se presenta el flujo de trabajo para la recopilación, validación y almacenamiento de los datos con la herramienta SIG Online, específicamente ArcGIS (Figura 2), para la gestión de los datos de los activos del laboratorio, de manera eficiente.

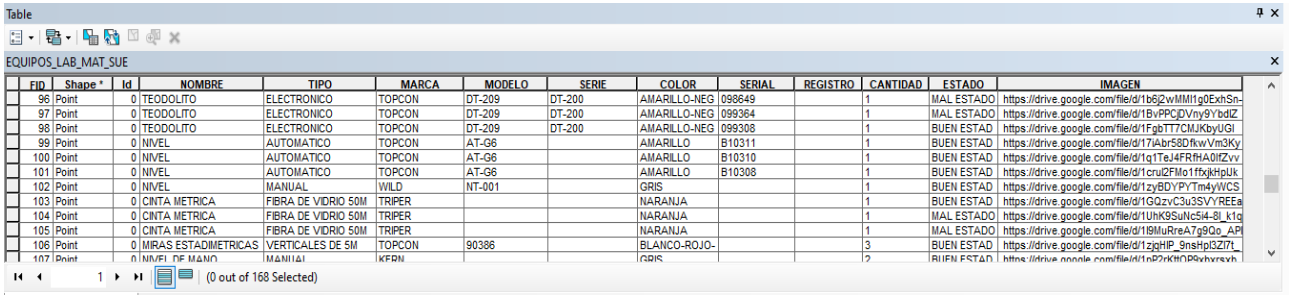
Figura 2. Flujo de trabajo para la recopilación y validación de los datos en SIG Online

El primer paso del flujo de trabajo consistió en la creación de un croquis detallado donde se presentó la ubicación precisa de cada activo dentro del laboratorio, el cual se utilizó como base para la georreferenciación de los activos en el sistema SIG, luego se unificaron todas las bases cartográficas de la universidad dentro de la herramienta ArcGIS ArcMap de escritorio, permitiendo de esta forma, localizar y georreferenciar con precisión el Laboratorio de Materiales y Suelos, dentro del campus universitario (Figura 3).

Figura 3. Base cartográfica unificada del campus universitario

L.J.J. González-Madrid, A.A. González-Beltrán CC BY-SA 4.0
Revista Tecnocientífica URU, No. 28 Enero - Junio 2025 (68-79)

Cada activo del laboratorio fue agregado a su ubicación correspondiente dentro del ArcMap, lo cual aseguró que todos los activos se encontraran correctamente posicionados en el mapa en base al croquis de ubicación. También se creó una tabla de atributos con los datos de los activos con su nombre, tipo, marca, modelo, serie, color, serial, registro, cantidad, estado e imagen, en la cual se cargaron los datos correspondientes a cada activo; mientras que, las fotos de los activos se almacenaron en la nube mediante una cuenta de Google Drive, lo que facilitó cargar las imágenes como enlaces dentro de la tabla de atributos (Figura 4).



Table

EQUIPOS_LAB_MAT_SUE

FID	Shape *	Id	NOMBRE	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE	COLOR	SERIAL	REGISTRO	CANTIDAD	ESTADO	IMAGEN
96	Point	0	TEODOLITO	ELECTRONICO	TOPCON	DT-209	DT-200	AMARILLO-NEG	098649		1	MAL ESTADO	https://drive.google.com/file/d/1b6j2wMMI1g0ExhSn-
97	Point	0	TEODOLITO	ELECTRONICO	TOPCON	DT-209	DT-200	AMARILLO-NEG	099364		1	MAL ESTADO	https://drive.google.com/file/d/1BvPPCjDVny9YbdIZ
98	Point	0	TEODOLITO	ELECTRONICO	TOPCON	DT-209	DT-200	AMARILLO-NEG	099308		1	BUEN ESTAD	https://drive.google.com/file/d/1FgbTT7CMJKbyUGI
99	Point	0	NIVEL	AUTOMATICO	TOPCON	AT-G6		AMARILLO	B10311		1	BUEN ESTAD	https://drive.google.com/file/d/17iAbr58DfkwVm3Ky
100	Point	0	NIVEL	AUTOMATICO	TOPCON	AT-G6		AMARILLO	B10310		1	BUEN ESTAD	https://drive.google.com/file/d/1q1TeJ4FRfHA0IfZvv
101	Point	0	NIVEL	AUTOMATICO	TOPCON	AT-G6		AMARILLO	B10308		1	BUEN ESTAD	https://drive.google.com/file/d/1cruI2FMo1ffXjkHpUk
102	Point	0	NIVEL	MANUAL	WILD	NT-001		GRIS			1	BUEN ESTAD	https://drive.google.com/file/d/1zyBDYPYTm4yWCS
103	Point	0	CINTA METRICA	FIBRA DE VIDRIO 50M	TRIPER			NARANJA			1	BUEN ESTAD	https://drive.google.com/file/d/1GQzvC3u3SVYREEa
104	Point	0	CINTA METRICA	FIBRA DE VIDRIO 50M	TRIPER			NARANJA			1	MAL ESTADO	https://drive.google.com/file/d/1UhK9SuNc5i4-8l_k1g
105	Point	0	CINTA METRICA	FIBRA DE VIDRIO 50M	TRIPER			NARANJA			1	MAL ESTADO	https://drive.google.com/file/d/1l9MuRreA7g9Qo_APl
106	Point	0	MIRAS ESTADIMETRICAS	VERTICALES DE 5M	TOPCON	90386		BLANCO-ROJO-			3	BUEN ESTAD	https://drive.google.com/file/d/1zjgHlP_9nsHpl3Zl7t_
107	Point	0	NIVEL DE MANO	MANUAL	KERN			GRIS			2	BUEN ESTAD	https://drive.google.com/file/d/1pP2rKfl0P8xbxrsxb

1 (0 out of 168 Selected)

Figura 4. Tabla de los atributos de los activos

Con todos los activos y sus datos detallados cargados en ArcGIS ArcMap de escritorio, se creó una cuenta de desarrollador en la página de ArcGIS Online, lo cual permitió transferir las capas de información creadas en la versión de escritorio a la plataforma online, obteniendo una visualización y gestión más accesible y dinámica de los datos (Figura 5).

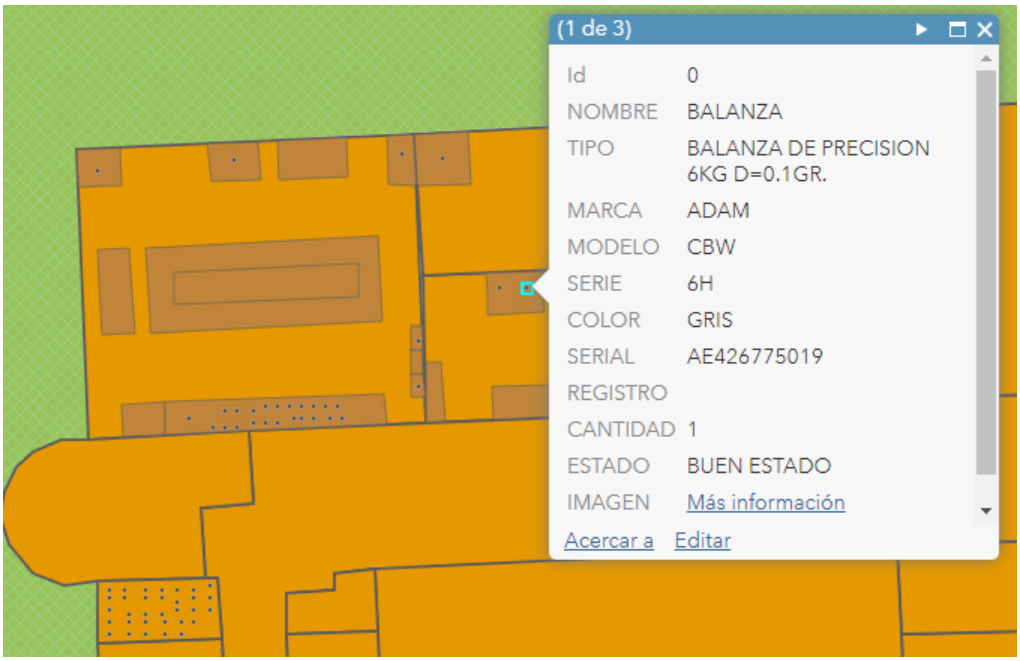


Figura 5. Visualización de los activos dentro del ArcGIS Online

El flujo de trabajo establecido ayudó a obtener una gestión integral y actualizada de los activos del laboratorio, facilitando la toma de decisiones y el mantenimiento preventivo. La integración de datos en ArcGIS Online proporcionó una plataforma accesible para todos los involucrados en la gestión del laboratorio, asegurando que la información esté disponible y sea fácilmente actualizada.

Durante el periodo de desarrollo de esta investigación, se iniciaron labores de reacondicionamiento del laboratorio, lo que causó que muchos activos se encontraran almacenados en depósitos temporales, esto implicó que al finalizar estas labores fue necesario actualizar sus ubicaciones en ArcGIS Online para reflejar su posición final en el laboratorio. Adicionalmente, se observó una diferencia en la resolución entre el ArcGIS ArcMap de escritorio y ArcGIS Online, la versión de escritorio posee una resolución más alta y esto causó ligeros desajustes en la ubicación de algunos puntos al trasferir los datos en la versión online, pero

estos desajustes se mantuvieron dentro de un rango aceptable para las labores del laboratorio y no afectaron significativamente la precisión requerida para la gestión de los activos (Figura 6).

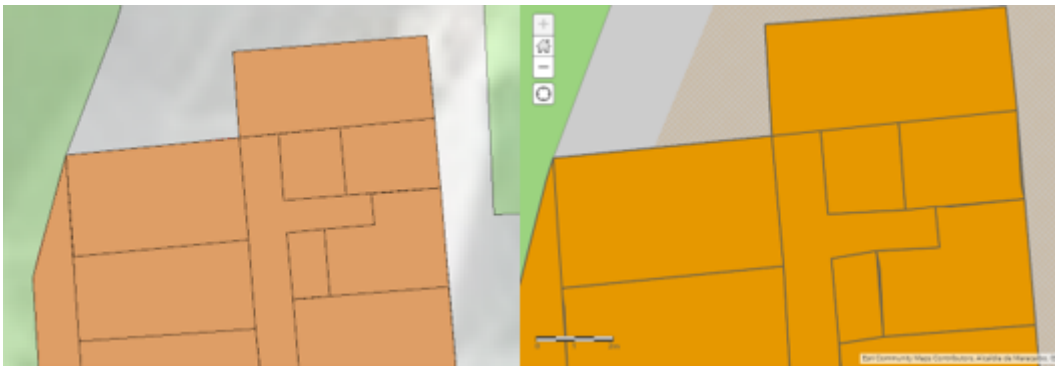


Figura 6. Comparación de las resoluciones del ArcGIS de escritorio y el Online

Al tener toda la información cargada dentro del ArcGIS Online se generó un formulario digital llamado “Registro de Uso y Estado de Equipos del Laboratorio de Materiales y Suelos” mediante Google forms (Figura 7). Este formulario tuvo como propósito fundamental, que los profesores del laboratorio documentaran el uso de los equipos y actualizaran su estado después de cada sesión práctica, permitiendo así, una recopilación de datos en tiempo real que facilitó el monitoreo continuo y actualizado del estado de los activos.

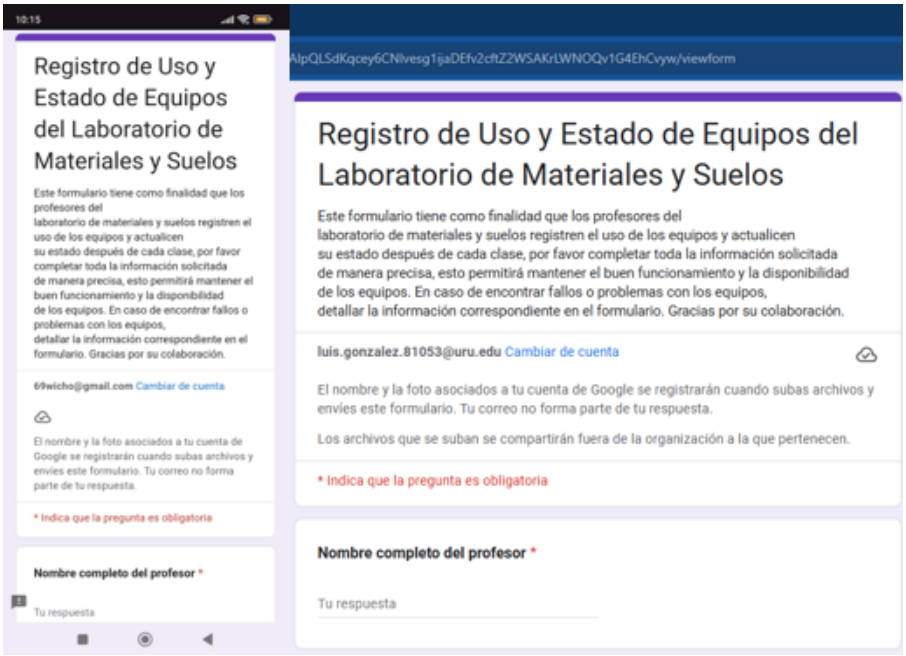


Figura 7. Visualización del formulario en dispositivos Android y ordenadores

El formulario fue diseñado para documentar de manera detallada y precisa información crítica, tanto de aspectos operativos como de las condiciones de cada equipo antes y después de cada sesión de uso. Entre las preguntas incluidas se tuvieron, la información del profesor (nombre y apellido), permitiendo una trazabilidad del uso por responsable; fecha de uso y hora de inicio y fin, para establecer el tiempo de uso de cada equipo; identificación del equipo utilizado, incluyendo nombre, tipo, marca, modelo y número de serie, facilitando el seguimiento individual de cada activo; la condición del equipo al inicio y estado después del uso, para identificar si el equipo muestra problemas recurrentes o si está funcionando correctamente; descripción detallada de defectos o fallos encontrados y observaciones adicionales para permitir una evaluación más profunda de cada equipo en caso de averías; y la posibilidad de agregar una fotografía del equipo, lo cual complementa visualmente el reporte, contribuyendo a una verificación visual de posibles daños.

La implementación del formulario digital facilitó el flujo de información y mostró mejoras en la trazabilidad y gestión de los equipos del laboratorio. Al comparar esta metodología con la documentación en papel o bases de datos desactualizadas, se observó una mejora significativa en la precisión y disponibilidad de datos, debido a que la información se registró y almacenó instantáneamente. A pesar de estos beneficios, también se identificaron limitaciones, tales como la dependencia de la conectividad a internet para el correcto funcionamiento del formulario y la posibilidad de pérdida de datos, si el formulario no se completa de manera adecuada. Para abordar estas limitaciones, se recomendó considerar una plataforma con mayor integración de datos, o el uso de aplicaciones que permitan la recopilación de datos offline, almacenándolos temporalmente hasta restablecer la conexión.

Para generar el dashboard que permita la observación de los datos capturados a través del formulario, se utilizó el visualizador de respuestas de Google forms, el cual provee una interfaz gráfica que facilita el análisis intuitivo y detallado de la información, mediante una visualización general de respuestas (Figura 8). Este, muestra un resumen de la cantidad total de formularios llenados, permitiendo conocer el número de registros realizados en un periodo determinado, facilitando el control y seguimiento de la frecuencia de uso de los equipos y picos de actividad.

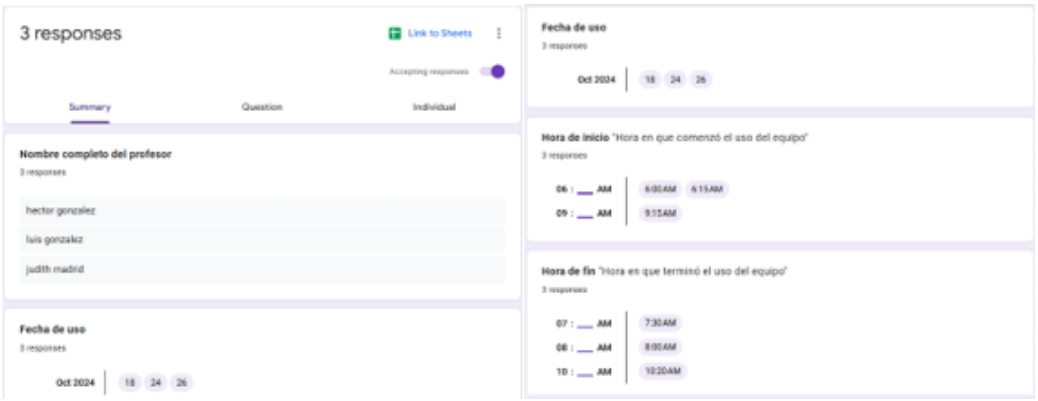


Figura 8. Visualización general de respuestas

Adicionalmente, se proporcionó una representación gráfica de los equipos utilizados (Figura 9), lo cual permitió identificar aquellos que tienen un uso más intensivo, siendo esta información crucial para priorizar el mantenimiento de equipos críticos y la toma de decisiones informadas respecto a la rotación y distribución de activos dentro del laboratorio.

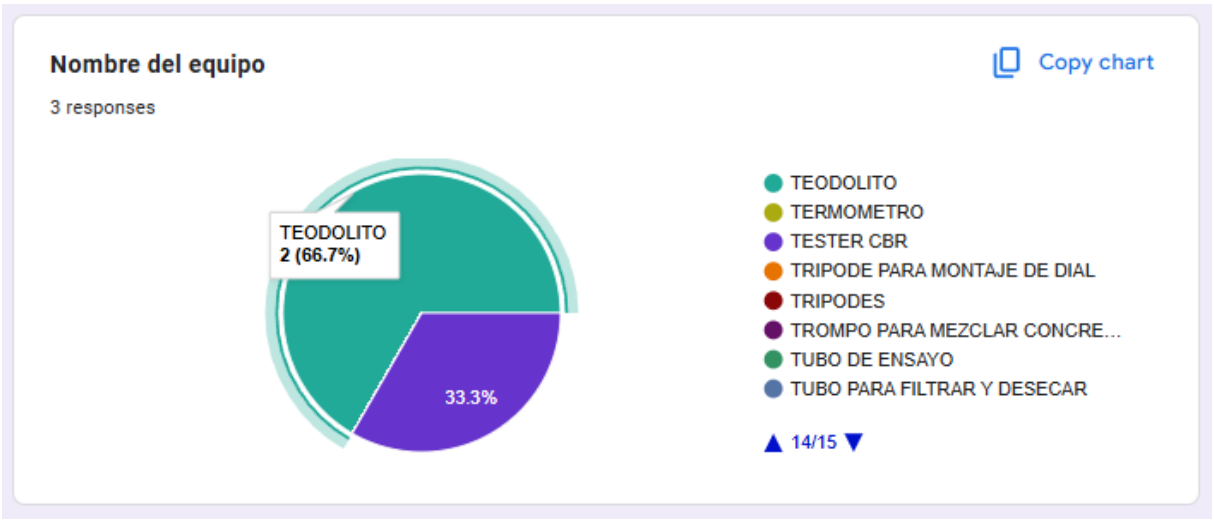


Figura 9. Gráfico de distribución por equipos

De igual forma, se obtuvieron gráficos (Figura 10) que permitieron comparar la condición inicial y final de los equipos, lo cual ayuda a identificar tendencias de deterioro o identificar equipos con problemas

recurrentes, sugiriendo posibles intervenciones preventivas o correctivas, lo cual contribuirá a minimizar el tiempo de inactividad de los equipos.

Figura 10. Condiciones previas y posteriores de los equipos

El panel permitió visualizar las respuestas individuales de cada pregunta del cuestionario, permitiendo un análisis detallado de cada respuesta suministrada, está función es de mucha utilidad, ya que permite identificar los tipos específicos de fallas en los equipos, además de ayudar al seguimiento de los reportes, facilitando un análisis individual y mejorando la trazabilidad del uso y reporte de problemas (Figura 11).

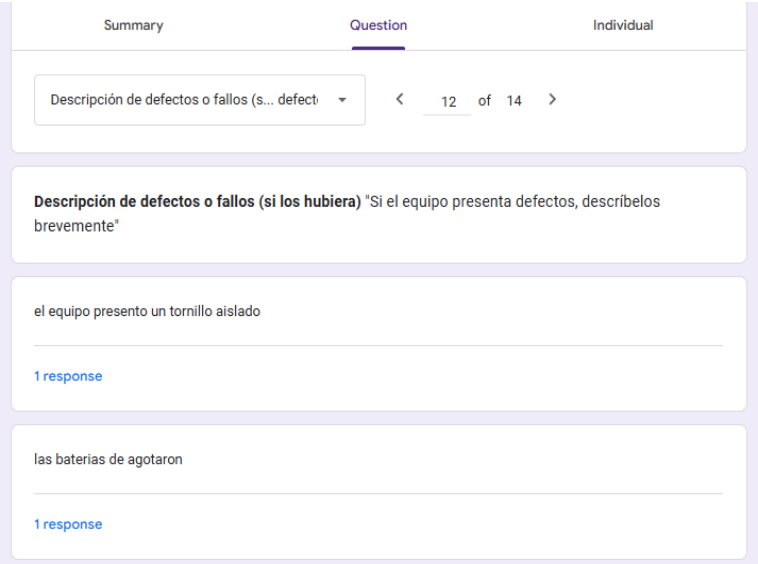


Figura 11. Análisis detallado por respuestas

La capacidad de descarga de todas las respuestas en hojas de cálculo, proporciona una ventaja significativa al permitir realizar el análisis offline más avanzado y personalizado de los datos, como tendencias a lo largo del tiempo, agrupaciones de fallas recurrentes, análisis de frecuencia de uso por equipo, y otros estudios que requieran un procesamiento más detallado (Figura 12).

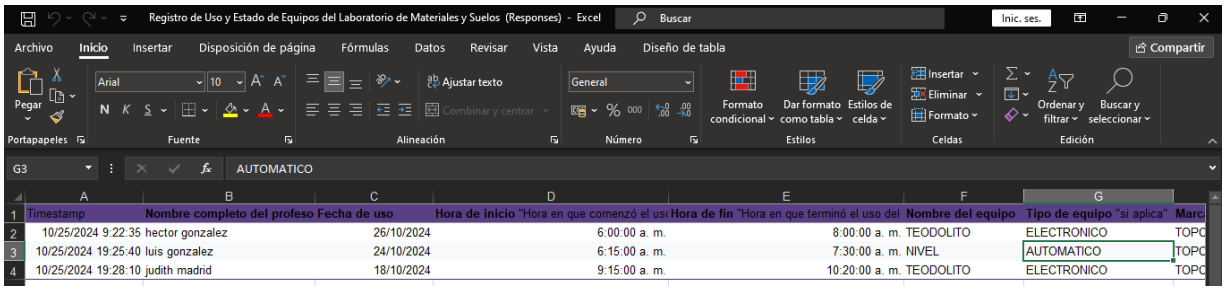


Figura 12. Exportación de datos en Excel

La implementación del visualizador de respuestas de Google forms, mostró ser una herramienta accesible y útil para el análisis y monitoreo en tiempo real de los datos de uso y estado de los equipos. Una limitación importante de esta implementación es la falta de personalización y opciones avanzadas en comparación con un dashboard de ArcGIS Online. La visualización del Google forms es básica y no permite personalizaciones complejas, para mejorar esto en futuras investigaciones es recomendable evaluar opciones que permitan integrar este formulario con otras plataformas de visualización que contribuyan a generar notificaciones automáticas ante cambios en el estado de los activos.

Conclusiones

Se estableció una metodología para la recolección de información, donde el jefe de laboratorio y los profesores responsables mantuvieron una documentación de los activos del laboratorio a través de fichas técnicas almacenadas en plantillas PDF y, posteriormente, analizadas en hojas de cálculo. También se observó la ausencia de una codificación interna para los activos, lo que complicó su seguimiento y gestión. Estos hallazgos demostraron la necesidad urgente de implementar estrategias de gestión de activos más robustas, incluyendo programas de mantenimiento preventivo y correctivo, junto a la creación de un sistema de codificación interna.

Se logró crear un flujo de trabajo que permitió agregar los datos de los activos del laboratorio dentro de la base cartográfica del campus universitario, contribuyendo a una gestión más accesible y dinámica de los activos y facilitando la actualización de los datos involucrados en la gestión de laboratorio. Las implicaciones de estos hallazgos destacan la importancia de utilizar herramientas SIG para una gestión eficiente de activos, sugiriendo que futuras investigaciones podrían explorar la integración de más funciones avanzadas de SIG y el uso de tecnologías emergentes para mejorar aún más la precisión y eficiencia de la gestión de activos. Debido a las labores de reacondicionamiento del laboratorio se requirió de una actualización en el ArcGIS Online de los activos al finalizar estas labores, también se observó una diferencia de resolución entre el ArcGIS ArcMap de escritorio y ArcGIS Online, causando ligeros desajustes en la ubicación de puntos, las cuales deberán ser abordadas en futuras implementaciones, para asegurar la precisión y eficiencia de la gestión de activos. De tal manera que, el flujo de trabajo implementado proporcionó una base sólida para la gestión eficiente de los activos del laboratorio.

Se generó una estrategia efectiva para la recopilación de datos en tiempo real en el laboratorio para la gestión de activos, permitiendo crear un registro confiable de las condiciones de los mismos Este proceso también contribuyó a una planificación de mantenimiento más estructurada, lo cual es crítico para mejorar la vida útil de los equipos y garantizar su disponibilidad. Para investigaciones futuras, se recomienda explorar el uso de plataformas SIG en combinación con formularios en línea para una integración más completa, considerando también la posibilidad de desarrollar aplicaciones móviles especializadas que simplifiquen el proceso de registro y minimicen la posibilidad de errores de ingreso manual.

El uso del visualizador de Google forms para tener un panel de gestión de activos en el Laboratorio de Materiales y Suelos demostró ser una solución práctica y funcional que cumplió los requerimientos de monitoreo y análisis básico en tiempo real. Aunque esta herramienta tuvo limitaciones en términos de personalización

avanzada, proporcionó una base sólida y accesible para la gestión de activos en entornos académicos, permitiendo el seguimiento continuo de los equipos y facilitando la planificación del mantenimiento.

Los resultados demostraron que la implementación de un SIG mejora significativamente la gestión de los activos del laboratorio, permitiendo una recopilación, validación y almacenamiento de datos detallados de manera eficiente y precisa mediante la integración de herramientas como ArcGIS ArcMap, ArcGIS Online y Google forms, optimizando la toma de decisiones y el mantenimiento preventivo, mediante una visión integral y actualizada de los activos, garantizando que la información sea accesible y fácilmente actualizable, aunque también se requiere una mejora continua y ajustes para optimizar el sistema y abordar las limitaciones identificadas, por lo que esta investigación sienta un precedente valioso para la gestión de activos en entornos académicos, ofreciendo un modelo replicable y adaptable a otros contextos similares.

Referencias bibliográficas

[1] Y. Quevedo, M. Romero, “Sistema de reporte y gestión geográfica de incidencias CILUZ (Campus Inteligente de la Universidad del Zulia)”. Universidad del Zulia 2023.

[2] M. Medina, W. Cantuca, F. Bautista, “Implementación de metodología para la gestión de activos aplicada a la empresa IMCO soluciones SAS”. Trabajo de Grado, Univ. Piloto de Colombia, Fac. Cs. Sociales y Empresariales, Bogotá, Colombia, 2018. [En línea]. Disponible en: http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004398.pdf

[3] G. Ruz, “Diseño y propuesta de un dashboard para el control de gestión del Departamento de Estudios de la Empresa Constructora BELTEC”. Tesis de Ing. Civil Industrial, Univ. Universidad Andrés Bello, Viña del Mar, Chile, 2019. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/10943

[4] D. Barrera, “Mantenimiento y su importante rol en la gestión de activos dentro de una empresa del sector de la construcción de infraestructura vial”. Tesis Esp. en Gestión de activos, Univ. Antioquia, Fac. Ingeniería, Medellín, Colombia. 2022. [En línea]. Disponible en: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/b3e1661d-d342-4901-b82a-a20776c84fbc/content

[5] C. Rojas, “Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para la empresa laboratorio óptico topex S.A.”. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2017.

[6] J. Arias, J. Holgado, T. Tafur, M. Vásquez, “Metodología de la investigación: El método ARIAS para realizar un proyecto de tesis”. Primera edición. Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi, Perú S.A.C. 2022. [En línea]. Disponible en: https://doi.org/10.35622/inudi.b.016