Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Carátula

Recursos Naturales y Ambiente

nombre del programa universitario de investigación de la Digi

Desarrollo de un sistema de gestión de la investigación con énfasis en investigadores y proyectos de investigación

nombre del proyecto de investigación

4.8.63.0.81

número de partida presupuestaria

Centro de Investigaciones de Ingeniería

unidad académica o centro no adscrito a unidad académica que avaló el proyecto

Kevin Adiel Lajpop Ajpacajá Ana Elizabeth Ixcolin Ramirez Rony Ormandy Ortiz Alvarez Daniel Alejandro Barillas Soberanis

nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por la Digi

Guatemala 31 de enero de 2025

lugar y fecha de presentación del informe final dd/mm/año

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Contraportada

Autoridades de la Dirección General de Investigación

Dra. Alice Burgos Paniagua

Directora General de Investigación

M.Sc. Andrea Eunice Rodas Morán

Coordinador(a) del Programa Universitario de Investigación

Autores

M.A. Ing. Kevin Adiel Lajpop, 20141284

Licda. Ana Elizabeth Ixcolin Ramirez, 20230978

Rony Ormandy Ortiz Alvarez, 20231033

Daniel Alejandro Barillas Soberanis, 20231194

El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria número: 4.8.63.0.81 en el Programa Universitario de Investigación de Recursos Naturales y Ambiente.

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.

Índice general

Tabla de contenido

ÍNDICE GENERAL 3
RESUMEN 6
PALABRAS CLAVE 6
ABSTRACT 7
KEYWORDS 7
1. INTRODUCCIÓN 7
2. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN 9
3. REVISIÓN DE LITERATURA 10
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12
5. OBJETIVOS 14
5.1. GENERAL 14
5.2. ESPECÍFICOS 14
6. HIPÓTESIS (SI APLICA) 15
7. MÉTODO 15
7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN. 15
7.2. ENFOQUE Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN 15
7.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 15
7.4. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO. 16
7.5. TÉCNICAS 17
7.5.1. RECOLECCIÓN DE DATOS CUALITATIVOS 17
7.5.2. RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS 18
7.6. RESUMEN DE LAS VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS 19
7.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 20
8. ASPECTOS ÉTICOS Y LEGALES 24
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 25
9.1. GESTIÓN DE EQUIPOS Y FICHA DE EQUIPO 26
9.1.1. CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS 26
Diagrama de Base de Datos 26
9.1.2. DICCIONARIO DE DATOS 28

9.1.2.1. TABLA EQUIPO 28
9.1.2.2. TABLA PERSONA 29
9.1.2.3. TABLA TIPO_PERSONA 29
9.1.2.4. TABLA ESTADO_TRASLADO 30
9.1.2.5. TABLA BITÁCORA_TRASLADO 30
9.1.2.6. TABLA BITÁCORA_PRESTAMO 30
9.1.3. DESARROLLO DEL MÓDULO DE CONSULTA 31
Diagrama de Interfaz del Módulo de Consulta 31
9.1.4. GESTIÓN DE EQUIPOS EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 33
9.1.5. REGISTRO Y TRAZABILIDAD DE EQUIPOS 34
Bitácora de Préstamos 34
Bitácora de Traslados 34
9.1.6. CASOS DE USO DEL SISTEMA 34
Caso de Uso 1: Consulta de Equipos 34
Caso de Uso 2: Solicitud de Préstamo de Equipos 35
Caso de Uso 3: Delegación de Permisos de Préstamo 37
Caso de Uso 4: Monitoreo de la Bitácora de Movimientos 39
9.2. ESTÁNDAR DE PROYECTOS DE FINANCIAMIENTO EXTERNO 39
1. Definición de Entidades 49
2. Lectura de Archivos CSV y Procesamiento de Datos 49
Aspectos destacados de la carga masiva: 54
9.3. PLAN DE DIVULGACIÓN DEL SISTEMA CRIS 2025 54
9.3.1. OBJETIVOS DEL PLAN DE DIVULGACIÓN 54
9.3.2. PÚBLICO OBJETIVO 55
9.3.3. METODOLOGÍA DE DIVULGACIÓN 55
9.3.4. TEMAS A TRATAR EN LAS CAPACITACIONES 55
9.3.5. CALENDARIO 56
9.3.6. MATERIALES DE APOYO 57
9.3.7. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE DIVULGACIÓN 57
Fase 1: Evaluación de Capacitaciones 57
Fase 2: Monitoreo de Adopción del Sistema 58
Fase 3: Evaluación de Soporte Técnico 58
Fase 4: Informe de Resultados y Mejora Continua 58
10. PROPIEDAD INTELECTUAL 59

11. BENEFICIARIOS DIRECTOS E INDIRECTOS 59
12. ESTRATEGIA DE DIVULGACIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS 60
13. CONTRIBUCIÓN A LAS PRIORIDADES NACIONALES DE DESARROLLO (PND) 65
14. CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DE INICIATIVAS DE LEY 67
15. VINCULACIÓN 67
16. CONCLUSIONES 69
17. RECOMENDACIONES 70
REFERENCIAS 72
APÉNDICE 73
DECLARACIÓN DEL COORDINADOR (A) DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 77
AVAL DEL DIRECTOR (A) DEL INSTITUTO, CENTRO, UNIDAD O DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN O COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN DEL CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO 78
APROBACIÓN DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN 78

Ilustración 1Diagrama Entidad-Relación 27
Ilustración 2 Vista de la consulta general 32
Ilustración 3 Consulta específica de un equipo 33
Ilustración 4 Caso 1: secuencia de consulta de equipo 35
Ilustración 5 Caso 2: Solicitud de equipo 36
Ilustración 6 Caso 3: resolución de solicitudes 38
Ilustración 7 Estados escenciales de un proyecto de financiamiento externo 40
Ilustración 8 Instrumento matricial de requisitos 44
Ilustración 9 Dashboard geoespacial 47
Ilustración 10 Datos aleatorios 48
Ilustración 11 Consulta general de VIVO con el estándar de proyectos 52
Ilustración 12 Consulta de un proyecto cargado 53
Ilustración 13 Vista general de un centro de investigación 53
Ilustración 14 Artículo científico publicado 61
Ilustración 15 Universidad José Antonio Camacho 63
Ilustración 16 Reunión con DIGI 64
Tabla 1 Variables 19
Tabla 2 Definición de la tabla equipo 28
Tabla 3 Definición de la tabla persona 29
Tabla 4 Definición de la tabla tipo_persona 29
Tabla 5 Definición de la tabla estado_traslado 30
Tabla 6 Definición de la tabla bitacora_traslado 30

Tabla 7 Definición de la tabla bitacora_prestamo 30
Tabla 8 Estándar de proyectos con financiamiento externo 41
Tabla 9 Ejemplo de fichas con datos cualitativos 45
Tabla 10 Calendario de capacitaciones 56
Tabla 11 Beneficiarios de la investigación 59
Tabla 12 Divulgación realizada 64

Resumen

El presente informe detalla el diseño y desarrollo de un sistema de gestión de la investigación para la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), basado en la implementación de un Current Research Information System (CRIS). La investigación surge de la necesidad de optimizar la administración de proyectos de investigación, en especial aquellos con financiamiento externo, y mejorar la trazabilidad de equipos científicos.

El estudio se fundamentó en un diagnóstico institucional que permitió identificar requerimientos clave y establecer un modelo entidad-relación para la estructuración de la base de datos. Se diseñó una arquitectura de software que integra diferentes módulos, incluyendo la gestión de equipos de investigación, el registro de proyectos y la vinculación con sistemas externos. Además, se definió un estándar para la incorporación de nuevos proyectos, garantizando la interoperabilidad con plataformas internacionales como VIVO.

Entre los principales resultados, se desarrolló una ficha digital para el registro de proyectos con información mínima requerida, evitando la redundancia documental. También se implementó un dashboard que facilita la visualización de colaboraciones internacionales y la distribución del financiamiento. Se llevaron a cabo reuniones con stakeholders para validar los diseños y generar estrategias de divulgación.

La investigación concluye que la implementación del CRIS mejorará la visibilidad y gestión de la producción científica de la USAC, facilitando la toma de decisiones basada en datos. Se recomienda continuar con la capacitación de los investigadores y fortalecer la integración del sistema con estándares internacionales para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

Palabras clave

1. Administración de la ciencia	2. Equipamiento científico	3. Innovación científica	4. Ciencia	5. Investigación y desarrollo

Abstract

This report details the design and development of a research management system for the University of San Carlos of Guatemala (USAC), based on the implementation of a Current Research Information System (CRIS). The research stems from the need to optimize the administration of research projects, particularly those with external funding, and to improve the traceability of scientific equipment.

The study was based on an institutional diagnosis that allowed for the identification of key requirements and the establishment of an entity-relationship model for structuring the database. A software architecture was designed to integrate different modules, including research equipment management, project registration, and linkage with external systems. Additionally, a standard was defined for the incorporation of new projects, ensuring interoperability with international platforms such as VIVO.

Among the key results, a digital form was developed for project registration with the minimum required information, avoiding document redundancy. A dashboard was also implemented to facilitate the visualization of international collaborations and funding distribution. Meetings were held with stakeholders to validate the designs and develop dissemination strategies.

The research concludes that the implementation of the CRIS will enhance the visibility and management of USAC's scientific production, facilitating data-driven decision-making. It is recommended to continue training researchers and to strengthen the integration of the system with international standards to ensure its long-term sustainability.

Keywords
science administration, scientific equipment, scientific innovation, science, Research and development

1. Introducción

La gestión de la investigación es un componente esencial para el desarrollo científico de cualquier institución académica. Sin embargo, en muchas universidades, especialmente en países en vías de desarrollo, esta gestión se ve limitada por la falta de herramientas que permitan un adecuado registro, monitoreo y visibilización de los proyectos de investigación y sus productos científicos (Heredia, 2022). La Unesco ha identificado la desigualdad en términos de infraestructura digital como una de las barreras principales para la integración de investigadores a nivel global, lo que afecta su acceso a fuentes de financiamiento y oportunidades de colaboración internacional (Heredia, 2022).

En este contexto, los *Current Research Information Systems* (CRIS) han sido implementados en diversas universidades y centros de investigación alrededor del mundo como una solución para gestionar información científica de manera estructurada y accesible (Biesenbender et al., 2019). Estos sistemas permiten consolidar datos sobre proyectos, investigadores, publicaciones y financiamiento, facilitando la generación de indicadores de impacto y mejorando la interoperabilidad con otras plataformas científicas (Schöpfel et al., 2020). Según estudios recientes, el uso de un CRIS contribuye significativamente a la mejora de la visibilidad de la producción científica, permitiendo una mayor difusión y reutilización de los resultados de la investigación (Kaliuzhna et al., 2022).

La Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) actualmente no cuenta con un sistema CRIS que estructure la información de sus investigaciones. Esto genera una dispersión de datos, falta de trazabilidad en el uso de equipos científicos, dificultades en la gestión de proyectos con financiamiento externo y limitaciones en la integración con plataformas internacionales como Scopus, Web of Science o Google Scholar (Schöpfel et al., 2020). Esta carencia impide que la investigación generada en la USAC tenga una mayor proyección global y dificulta la implementación de estrategias basadas en datos para fortalecer la toma de decisiones en el ámbito de la investigación.

En respuesta a esta problemática, el presente estudio tiene como objetivo el diseño y desarrollo de un sistema CRIS para la USAC, permitiendo la gestión centralizada de proyectos de investigación, la administración de equipos científicos y la vinculación con sistemas externos como VIVO. La implementación de este sistema se basó en un diagnóstico institucional que permitió la identificación de requerimientos clave, el diseño de un modelo entidad-relación para la base de datos y el desarrollo de una arquitectura de software compatible con estándares internacionales como CERIF (Kremenjaš et al., 2020).

El estudio incluyó la generación de una ficha digital de registro de proyectos, la integración con fuentes de información externas y la creación de dashboards para la visualización de datos sobre financiamiento y colaboraciones internacionales. Además, se desarrollaron materiales de capacitación para los investigadores y gestores de investigación, asegurando una adopción efectiva del sistema.

Los resultados de esta investigación demuestran que la implementación de un CRIS en la USAC permitirá optimizar la gestión de proyectos con financiamiento externo, mejorar la trazabilidad de los equipos de investigación y aumentar la visibilidad de la producción científica de la universidad. Este documento presenta el desarrollo del sistema, sus componentes principales, los resultados obtenidos y las estrategias propuestas para su adopción y sostenibilidad a largo plazo.

2. Contexto de la investigación

En la actualidad la investigación científica ha ido avanzando en función de los avances de la tecnología, esto se puede visualizar en movimientos como lo es la ciencia abierta (Beigel, 2022), en la cual es vital el acceso a la información y datos crudos para realizar las investigaciones. Este acceso a la información e investigación es fundamental con las tecnologías de la información por lo que el avance de la misma tiene un impacto directo con el desarrollo de la ciencia e investigación (Beigel, 2022).

En condiciones ideales en ciencia como en desarrollo de tecnología, se tienen sistemas que gestionan la investigación actual (CRIS, por sus siglas en inglés) que apoyan a la producción científica y la divulgación de la misma. Pero en contextos de países de latinoamérica no existe un desarrollo pleno de la ciencia y en condiciones similares el desarrollo de la tecnología. Existen países en los cuales no existen sistemas CRIS, tal es el caso de Guatemala (Vázquez, 2022). Esto es preocupante para el desarrollo de la ciencia e investigación debido a la carencia de mecanismos tecnológicos que pueden fomentar la divulgación y el desarrollo de la ciencia, esto también tiene un impacto negativo en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Esta falta de sistematización o mecanismos tecnológicos para gestionar la ciencia en la universidad tiene impacto directo en indicadores (Vázquez, 2022), por ejemplo, ¿cuántos investigadores hay en la universidad?, una pregunta que es relativamente sencilla, al momento de no contar con sistemas CRIS se vuelve complicada de responder. Otro ejemplo que se puede presentar es hablar de proyectos de investigación, ¿cuántos proyectos de investigación hay?, ¿quiénes han participado en el proyecto? pero sobre todo, ¿qué insumos, instrumentos o equipación se ha adquirido?, esta última pregunta es importante porque al ser Guatemala un país en desarrollo y la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) una institución pública, hace que se cuente con oportunidades limitadas para la investigación y la buena reutilización de recursos así poder maximizar los resultados.

En el 2023 la USAC al tanto de esta necesidad inicia el proceso para la implementación de un sistema CRIS por medio de la Dirección General de Investigación, que aperturó una convocatoria para su financiamiento que tenía el objetivo de poder planear los análisis y diseños para la gestión de investigadores y proyectos de investigación con financiamiento interno, esto con miras para iniciar la implementación del sistema CRIS en el 2024.

A pesar de las iniciativas por contar con un sistema CRIS que potencie la investigación que se realiza en la USAC, todavía no son suficientes para tener un sistema pleno que permita la buena gestión de la investigación. Ante esta necesidad la DIGI nuevamente apertura la convocatoria para el financiamiento para el análisis y diseño de la gestión de equipación y proyectos con financiamiento externo. Esto con el fin de poder presentar una propuesta de arquitectura de sistemas para que pueda complementar el CRIS que se está implementando actualmente.

Con esta nueva arquitectura que se está planteando se proyecta beneficiar a toda la comunidad científica guatemalteca, ya sea directa o indirectamente, por ejemplo, a los investigadores universitarios de la USAC, se les dará herramientas tecnológicas para que sus investigaciones sean visibles digitalmente, así mismo también se le brindará acceso digital para que puedan visualizar la equipación con la que cuenta la universidad y poder tener acceso a equipos que necesiten para realizar investigación.

En el caso de un beneficio indirecto se tiene el acceso a la información científica a través de la tecnología, por ejemplo, un investigador externo a la universidad podrá acceder a la producción científica que genera la USAC por medio del sistema CRIS, con ello aumentará las citas a las mismas, la divulgación de lo que se trabaja internamente así como la posibilidad de generar nuevas investigaciones no solo internas sino también con miras a otros investigadores incluso internacionales.

3. Revisión de literatura

La implementación de un Current Research Information System (CRIS) ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la visibilidad, sistematización y gestión de la investigación en universidades y centros científicos. Diversos estudios han abordado este tema desde distintas perspectivas, destacando la importancia de un diagnóstico previo, el uso de estándares internacionales, la interoperabilidad con otros sistemas, la gestión eficiente de datos y los desafíos de implementación.

Uno de los primeros pasos esenciales en la implementación de un CRIS es la realización de un diagnóstico institucional, que permita identificar las necesidades y establecer una hoja de ruta clara. Kremenjaš et al. (2020) analizaron la implementación del primer CRIS nacional en Croacia, destacando que el proceso debe incluir una evaluación exhaustiva de las estructuras de datos existentes y la creación de un modelo entidad-relación adaptado a la institución. En el caso de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), este proceso se inició con la Convocatoria Diferenciada 2023, donde se definieron las bases estructurales del sistema, siguiendo una metodología similar a la recomendada por Kremenjaš et al. (2020).

En el contexto latinoamericano, Melgar et al. (2019) analizaron la implementación de sistemas de información para la investigación en Perú, concluyendo que la falta de un marco normativo ha sido una de las principales barreras para su adopción. De manera similar, Lajpop et. al. (2024) examinaron los desafíos en la gestión de información en investigación en la USAC, identificando la necesidad de un CRIS para centralizar y optimizar la administración de proyectos científicos.

Lajpop et al. (2024) proponen un enfoque estructurado para el diseño de la arquitectura de software de un CRIS en la USAC, destacando la importancia de una infraestructura flexible que permita la integración con repositorios digitales y bases de datos externas. Sus hallazgos refuerzan la importancia de diseñar un CRIS adaptado a las necesidades locales, evitando la implementación de modelos genéricos que podrían no responder a la realidad guatemalteca.

Uno de los mayores desafíos en la adopción de un CRIS es su interoperabilidad con otros sistemas y estándares internacionales. Jörg (2010) enfatizan que la integración de un CRIS debe considerar protocolos estandarizados como CERIF (Common European Research Information Format), el cual permite la conexión con otros sistemas de gestión de investigación a nivel global. Este punto es crucial para la USAC, ya que la adopción de estándares internacionales facilitaría la visibilidad de los proyectos de investigación y fomentaría la colaboración con otras instituciones.

Otro aspecto clave es la compatibilidad con plataformas de ciencia abierta. Beigel (2022) analizó el impacto de los CRIS en el acceso abierto, concluyendo que estos sistemas no solo facilitan la gestión de la investigación, sino que también promueven la transparencia y accesibilidad de los datos científicos.

Además, De Castro (2022) plantea que la adopción de estándares no solo es un requisito técnico, sino también organizacional. Su investigación destaca la necesidad de definir roles claros dentro de la administración del CRIS, asegurando que exista una estructura de gobernanza bien definida para su gestión a largo plazo.

El manejo eficiente de los datos científicos dentro de un CRIS es fundamental para garantizar la calidad y coherencia de la información. Schöpfel et al. (2021) argumentan que un CRIS debe estar preparado para recibir información desde múltiples fuentes, lo que implica la implementación de procesos de limpieza y normalización de datos antes de su integración en el sistema.

Por su parte, Nikkanen et al. (2022) identificaron los datos esenciales que deben almacenarse en un CRIS para la gestión de investigadores y proyectos. Su investigación sugiere que un CRIS debe incluir información sobre afiliaciones institucionales, proyectos en curso, publicaciones, áreas de investigación, palabras clave y datos de impacto.

Un enfoque complementario es el propuesto por Kumar et al. (2021), quienes analizan cómo un CRIS puede contribuir a la generación de indicadores de impacto y la toma de decisiones estratégicas dentro de una institución. Su estudio destaca que la correcta implementación de un CRIS permite mejorar la planificación de la investigación y optimizar el uso de los recursos científicos.

El impacto de los CRIS en la eficiencia administrativa ha sido analizado en varios estudios. Sivertsen (2019) encontraron que la implementación de CRIS en universidades europeas ha permitido reducir los tiempos de gestión de proyectos y mejorar la trazabilidad de los fondos de investigación. Su estudio destaca que la integración de estos sistemas con plataformas de financiamiento ha facilitado la gestión de presupuestos y la rendición de cuentas.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, Lajpop e Ixcolin (2024) analizan cómo la implementación de un CRIS en la USAC puede garantizar la continuidad y escalabilidad del sistema. Su estudio recomienda que, además de la infraestructura tecnológica, es necesario definir políticas de actualización y mantenimiento del sistema, asegurando su adaptación a futuras necesidades institucionales.

El análisis del estado del arte confirma que la implementación de un CRIS en la USAC no solo es viable, sino necesaria para fortalecer la gestión de la investigación en la universidad. Los estudios revisados destacan la importancia de un diagnóstico inicial, el uso de estándares internacionales como CERIF, la integración con repositorios de ciencia abierta, la gestión eficiente de datos científicos y la definición de una estructura organizativa clara para su administración.

La investigación internacional y regional respalda que un CRIS contribuye a mejorar la visibilidad, eficiencia administrativa y colaboración científica. La USAC ha avanzado significativamente en este camino con la definición de su modelo entidad-relación y arquitectura de software, pero es fundamental seguir con su implementación efectiva.

Para garantizar el éxito del CRIS en la USAC, se recomienda seguir tres líneas de acción prioritarias:

1. Adopción de estándares internacionales para facilitar la interoperabilidad con otros sistemas.
2. Definición de una estructura de gobernanza con roles claros dentro de la administración del CRIS.
3. Desarrollo de estrategias de sostenibilidad que aseguren su actualización y evolución en el tiempo.

Estos elementos posicionarán a la USAC como una institución referente en la gestión digital de la investigación en Guatemala y Latinoamérica, impulsando la productividad científica y la colaboración internacional.

4. Planteamiento del problema

La desigualdad en el acceso a infraestructura digital y sistemas de información sigue siendo una de las preocupaciones centrales de la UNESCO, especialmente en los países en vías de

desarrollo. Heredia (2022) menciona que, a pesar del crecimiento exponencial en las tecnologías de la información, esta evolución aún no se refleja en la interconectividad de la investigación y en el acceso de los investigadores a plataformas que faciliten la gestión y divulgación del conocimiento. Esta brecha digital afecta directamente a países como Guatemala, donde la ausencia de sistemas integrados para la gestión de la investigación limita las oportunidades de colaboración científica a nivel internacional, reduciendo la visibilidad de los proyectos y restringiendo su impacto en la comunidad científica global.

A nivel universitario, la falta de un sistema de información centralizado para la gestión de la investigación representa un obstáculo significativo. Las investigaciones que no cuentan con una sistematización adecuada tienen menor alcance, menor aplicabilidad y una menor posibilidad de generar impacto real en la comunidad científica y en la sociedad. Según Kaliuzhna et al. (2022), los proyectos que no están organizados en plataformas de gestión estructurada están condenados a una divulgación deficiente y un uso limitado. Esto subraya la necesidad de la implementación de sistemas CRIS , que permiten organizar, gestionar y visibilizar la producción científica de una institución, asegurando que la investigación tenga el impacto esperado en la comunidad académica y en la sociedad en general.

El uso e implementación de sistemas de información en la gestión de la investigación es un componente clave para el desarrollo de políticas científicas eficientes. Biesenbender et al. (2019) enfatizan que los sistemas CRIS no solo optimizan la administración de los proyectos de investigación, sino que también proporcionan datos esenciales para la formulación de estrategias científicas a nivel institucional y gubernamental. En este sentido, la falta de un sistema CRIS en Guatemala representa una barrera significativa para la integración de los investigadores en redes de colaboración internacional. Al no contar con herramientas que permitan registrar y difundir la investigación de manera estructurada, los científicos guatemaltecos enfrentan mayores dificultades para asociarse con pares de otras instituciones y explorar nuevas oportunidades de financiamiento y cooperación.

Desde la perspectiva institucional, la ausencia de un CRIS en la USAC limita la capacidad de la universidad para evaluar el impacto de sus investigaciones. La medición del impacto académico y social de los proyectos de investigación es una práctica fundamental en la ciencia moderna, ya que permite determinar la efectividad de las iniciativas científicas y orientar los esfuerzos hacia áreas de mayor impacto. Schöpfel et al. (2020) destacan que un sistema CRIS proporciona los instrumentos necesarios para realizar evaluaciones ex post, permitiendo analizar la influencia real de cada investigación en su campo de estudio. En la actualidad, la creciente digitalización de la investigación científica hace imperativo contar con herramientas que faciliten la difusión, visibilidad y acceso a la información, evitando que los avances científicos queden relegados al ámbito institucional sin generar un impacto significativo.

Además, la existencia de un CRIS permitiría a la USAC fortalecer su capacidad de análisis de datos científicos, facilitando la generación de indicadores clave sobre productividad académica, redes de colaboración y financiamiento externo. Según Kremenjaš et al. (2020), el desarrollo de un sistema CRIS no solo mejora la organización y sistematización de la investigación, sino que también impulsa la integración de los investigadores en redes científicas internacionales, aumentando sus oportunidades de publicación, financiamiento y colaboración interdisciplinaria.

En síntesis, la implementación de un CRIS en la USAC no es solo una opción, sino una necesidad urgente para fortalecer la infraestructura de gestión de la investigación en Guatemala. Aunque ya se ha desarrollado un diseño preliminar del sistema, es crucial avanzar hacia su implementación efectiva en el corto plazo. La digitalización y sistematización de la investigación a través de un CRIS contribuirá significativamente a la divulgación científica, la generación de redes de colaboración, la visibilidad de la producción académica y la evaluación del impacto de los proyectos de investigación. Su desarrollo debe considerarse una prioridad institucional, ya que representa una herramienta clave para posicionar a la USAC como una institución de referencia en la producción y gestión del conocimiento en la región.

5. Objetivos

5.1. General

Diseñar la arquitectura de software y modelo de datos que permita la gestión de los equipos de investigación que se utilizan en los proyectos de investigación conectando con sistemas externos como fuente de información y así mismo alimentar al CRIS.

5.2. Específicos

a. Diseñar una ficha digital tomando como base el diseño arquitectónico y de datos con el que ya se cuenta el módulo de gestión de equipos de investigación utilizados en la universidad.
b. Diseñar la gestión completa de equipos de investigación tomando como base el diseño arquitectónico y de datos con el que ya se cuenta.
c. Diseñar un estándar de proyectos que permita la alimentación directa al sistema CRIS.
d. Desarrollar manuales y material de apoyo para potenciales usuarios de los módulos del sistema.

6. Hipótesis (si aplica)

7. Método

7.1. Tipo de investigación.

El estudio realizado corresponde a una investigación aplicada, ya que su propósito fundamental es la generación de modelos teóricos y prácticos aplicables al desarrollo de sistemas de automatización para la gestión de la investigación. Con base en las teorías de gestión de la información y sistemas informáticos, se diseñaron e implementaron nuevas estrategias que facilitan la integración de herramientas digitales en los procesos administrativos de los proyectos de investigación.

Este enfoque permite que los hallazgos obtenidos en la investigación no se limiten únicamente a un marco teórico, sino que puedan ser aplicados directamente en el diseño y optimización de sistemas informáticos que automaticen la gestión de equipamiento y financiamiento externo en la universidad.

7.2. Enfoque y alcance de la investigación

La investigación adoptó un enfoque explicativo, debido a que los procesos de gestión de equipamiento y financiamiento externo ya existen dentro de la universidad y no se pretende modificarlos estructuralmente. Sin embargo, el estudio busca proporcionar una explicación detallada y sistemática de estos procesos, con el fin de permitir su integración en un sistema informático que automatice y optimice su ejecución.

El alcance de la investigación se centró en la comprensión y documentación de los procedimientos actuales de gestión de equipos y financiamiento, para luego traducir esta información en modelos tecnológicos que permitan mejorar la administración y trazabilidad de los recursos utilizados en los proyectos de investigación.

7.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue no experimental, ya que no se realizó una manipulación directa sobre los datos o variables estudiadas. En lugar de ello, se observó y analizó la realidad existente en torno a la gestión de equipamiento y financiamiento en la universidad.

Además, se utilizó un diseño de estudio transversal, lo que significa que la recopilación de datos cuantitativos y cualitativos se realizó en un momento determinado, permitiendo así un análisis representativo de la situación actual en la universidad. Esto fue clave para identificar patrones y tendencias en la gestión de equipos y financiamiento dentro del período analizado.

Dado que la investigación combinó el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, se adoptó un enfoque de investigación mixta con una estrategia concurrente. Esto significa que ambas fuentes de datos fueron recolectadas y analizadas de manera separada pero simultánea, permitiendo una triangulación de información que mejoró la validez y profundidad del estudio.

Para la recolección de datos cualitativos, se emplearon entrevistas no estructuradas dirigidas a actores estratégicos en la gestión de la investigación dentro de la universidad. Se seleccionaron personas con conocimiento de primera mano sobre los procedimientos administrativos y tecnológicos necesarios para diseñar e implementar los modelos de automatización.

En cuanto a los datos cuantitativos, estos se obtuvieron a través de dos métodos principales:

1. Revisión documental y análisis de datos históricos sobre las instituciones financiantes y los proyectos que han recibido financiamiento externo en los últimos años. Esta información se obtuvo de los registros de la Dirección General de Investigación y de los distintos centros de investigación de la universidad.
2. Encuestas estructuradas dirigidas a investigadores activos, en las que se recopilaron datos clave sobre la gestión de proyectos con financiamiento externo, así como sobre el uso y administración de equipos de investigación.

La combinación de estas fuentes de datos permitió una visión integral de la situación actual, identificando tanto los desafíos como las oportunidades para la implementación de un sistema de automatización eficiente.

7.4. Población, muestra y muestreo.

La población objetivo de la investigación estuvo conformada por los investigadores de la universidad, dado que son los principales actores en la gestión y ejecución de proyectos de investigación. No obstante, debido a la amplitud del universo de investigadores en la institución, se establecieron criterios de inclusión específicos para la selección de la muestra.

Los participantes seleccionados fueron aquellos investigadores que han ingresado y ejecutado proyectos dentro de la Dirección General de Investigación en los últimos dos años. Este criterio se definió con el propósito de asegurar que los datos recopilados reflejaran la realidad reciente de la gestión de equipos y financiamiento dentro de la universidad.

Además de los investigadores, se incluyó a directores y coordinadores de los distintos centros e institutos de investigación del campus central de la universidad. Este grupo permitió obtener información valiosa sobre la administración y gestión de los equipos adquiridos para proyectos de investigación, proporcionando una visión institucional complementaria.

El muestreo empleado fue intencionado y no probabilístico, ya que se seleccionaron los participantes con base en su experiencia y relación directa con la gestión de equipamiento y financiamiento. Esto permitió centrar la recolección de datos en actores clave que pudieran proporcionar información relevante y de calidad para el estudio.

7.5. Técnicas

7.5.1. Recolección de Datos Cualitativos

Para la obtención de información cualitativa, se realizaron entrevistas no estructuradas con coordinadores e investigadores que han participado en proyectos de investigación en los últimos años. Estas entrevistas fueron diseñadas con el propósito de identificar los principales desafíos en la gestión de proyectos con financiamiento externo y la administración del equipamiento especializado utilizado en las investigaciones.

A través de estas entrevistas, se exploraron tres ejes fundamentales:

1. **Acceso y disponibilidad de equipo especializado:** Se indagó sobre las dificultades que enfrentan los investigadores en la obtención y utilización de equipos especializados, así como en los mecanismos de adquisición y mantenimiento.
2. **Necesidades de capacitación en el uso del equipo científico:** Se recopiló información sobre la formación previa de los investigadores en el manejo de equipos y su interés en recibir capacitaciones futuras.
3. **Mecanismos de colaboración entre unidades de investigación:** Se evaluó la disposición de los investigadores para compartir recursos y trabajar en conjunto con otras unidades para el acceso a equipamiento.

Los resultados obtenidos permitieron establecer las bases para la estructuración de la encuesta cuantitativa, asegurando que las preguntas abordaran de manera precisa las problemáticas detectadas en las entrevistas.

Para estructurar la información, las entrevistas fueron analizadas mediante técnicas de categorización temática, lo que permitió identificar patrones en las respuestas y definir indicadores clave. La validez del instrumento se garantizó a través de un proceso de triangulación de datos, comparando las respuestas con la literatura existente sobre la gestión de la investigación y el uso de equipamiento especializado en instituciones académicas.

Además, para fortalecer la confiabilidad de la información, se realizaron pruebas piloto con un grupo reducido de investigadores antes de la aplicación generalizada de las entrevistas, lo que permitió ajustar la formulación de preguntas y mejorar la claridad del cuestionario.

7.5.2. Recolección de Datos Cuantitativos

Con base en los hallazgos de las entrevistas cualitativas, se diseñó y difundió una encuesta estructurada orientada a investigadores activos en los últimos dos años. Esta encuesta permitió recopilar información cuantificable sobre el uso, acceso, impacto y necesidades relacionadas con el equipamiento especializado en la investigación.

Estructura de la Encuesta

La encuesta se organizó en los siguientes bloques temáticos:

1. Información general del investigador: Se solicitó información sobre el área de investigación del encuestado y su especialización científica.
2. Impacto del uso de equipo especializado: Se evaluó la percepción de los investigadores sobre cómo el acceso a equipamiento especializado mejora la calidad, precisión y replicabilidad de sus estudios.
3. Capacitación y conocimientos previos: Se indagó sobre la formación que han recibido en el uso de equipos y si consideran necesaria una capacitación adicional.
4. Acceso a equipamiento especializado: Se investigó si los investigadores tienen acceso a equipos adecuados, con qué frecuencia los utilizan y si enfrentan dificultades en su disponibilidad.
5. Registro de equipos en el sistema de inventario: Se preguntó si el equipamiento que utilizan está registrado en el sistema de inventario de la USAC y si estarían de acuerdo con incorporarlo en el sistema CRIS para mejorar su gestión.
6. Fuentes de financiamiento y colaboración interinstitucional: Se evaluó el nivel de conocimiento de los investigadores sobre las oportunidades de financiamiento para la adquisición de equipos y su disposición a colaborar con otras unidades para acceder a equipamiento compartido.
7. Limitaciones por falta de equipamiento: Se identificaron las barreras que enfrentan los investigadores debido a la falta de equipo especializado y las estrategias que han implementado como alternativas.

Validación del Instrumento

Para garantizar la precisión y pertinencia de la encuesta, se llevó a cabo un proceso de validación mediante tres estrategias principales:

- Prueba piloto: Se aplicó la encuesta a un grupo reducido de investigadores con el fin de detectar posibles ambigüedades o inconsistencias en la formulación de las preguntas.
- Corrección de preguntas: Se realizaron ajustes en la redacción de ciertos ítems para mejorar la claridad y reducir la posibilidad de respuestas sesgadas.
- Comparación con estudios previos: Se revisaron encuestas similares aplicadas en otras instituciones académicas para asegurar que la estructura del cuestionario estuviera alineada con estándares internacionales.

Resultados Obtenidos a Partir de la Encuesta

Los datos recolectados en la encuesta permitieron identificar tendencias significativas en la comunidad investigadora:

- Impacto del equipo especializado: Más del 80% de los encuestados coincidieron en que el uso de equipo especializado mejora la calidad y precisión de los resultados obtenidos.
- Necesidad de capacitación: Un alto porcentaje de investigadores manifestó interés en recibir formación para optimizar el uso del equipamiento disponible.
- Dificultades en el acceso: Se evidenció que la falta de equipamiento adecuado es una de las principales limitaciones para el desarrollo de investigaciones de mayor impacto.
- Desconocimiento sobre financiamiento: Un número significativo de encuestados indicó que no está informado sobre las oportunidades de financiamiento para la adquisición de equipos especializados.

El objetivo de las encuestas fue complementar y validar los datos obtenidos en las entrevistas, permitiendo una correlación entre los hallazgos cualitativos y cuantitativos para fortalecer los modelos propuestos en la investigación.

El diseño metodológico de esta investigación permitió obtener un panorama detallado sobre la gestión de proyectos de investigación con financiamiento externo y la administración de equipos dentro de la universidad. La combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas posibilitó la identificación de patrones, desafíos y oportunidades de mejora en estos procesos.

La información recopilada sirvió de base para el desarrollo de modelos de automatización que permitirán optimizar la gestión de la investigación dentro de la universidad. La implementación de un sistema de información automatizado basado en estos hallazgos contribuirá a mejorar la transparencia, eficiencia y trazabilidad de los recursos destinados a la investigación, asegurando un uso más eficiente y equitativo de los mismos.

7.6. Resumen de las variables o unidades de análisis

Tabla 1 Variables

Objetivo específico	Variable	Instrumentos	Unidad de medida o cualificación
Diseñar una ficha digital tomando como base el diseño arquitectónico y de datos con el que ya se cuenta el módulo de gestión de	Cantidad de campos de datos incluidos Nivel de completitud de la ficha	Evaluación de los campos de la ficha con base en la arquitectura del sistema y su alineación con los datos requeridos.	Número de campos diseñados en la ficha Porcentaje de datos obligatorios

equipos de investigación utilizados en la universidad.	Compatibilidad con la arquitectura del sistema	Simulación de carga de información en la ficha para identificar errores de estructura o inconsistencias en la base de datos.	Nivel de alineación con el modelo de datos existente
Diseñar la gestión completa de equipos de investigación tomando como base el diseño arquitectónico y de datos con el que ya se cuenta.	Compatibilidad con la arquitectura del sistema	Simulación de carga de información en la ficha para identificar errores de estructura o inconsistencias en la base de datos.	Nivel de alineación con el modelo de datos existente
Diseñar un estándar de proyectos que permita la alimentación directa al sistema CRIS.	Nivel de alineación con CERIF y VIVO Errores detectados en la carga de proyectos	Simulación de carga de proyectos en CRIS para medir la tasa de éxito y detectar posibles errores estructurales. Análisis de compatibilidad con modelos como CERIF y VIVO para garantizar interoperabilidad	Porcentaje de compatibilidad con estándares internacionales de gestión de investigación Frecuencia de fallos en la importación de proyectos al CRIS debido a inconsistencias en el formato
Desarrollar manuales y material de apoyo para potenciales usuarios de los módulos del sistema.			

7.7. Procesamiento y análisis de la información

Para analizar la información obtenida en la investigación sobre el diseño e implementación del sistema de gestión de investigación y su integración con CRIS, se emplearon enfoques cuantitativos y cualitativos, en función del tipo de datos recolectados y su propósito dentro del estudio.

El análisis cuantitativo permitió evaluar el desempeño del sistema, la estructura de la ficha digital, la gestión de equipos de investigación y la alineación del estándar de proyectos con CRIS. Para ello, se aplicaron diferentes métricas y técnicas estadísticas:

1. Evaluación de la ficha digital de proyectos

   Para garantizar la eficacia y alineación de la ficha digital de proyectos con la arquitectura del sistema, se llevaron a cabo dos procesos complementarios: evaluación estructural y validación funcional.

   - Evaluación estructural:

     Se analizó la cantidad de campos de datos incluidos en la ficha, midiendo su nivel de completitud y la consistencia con el modelo de datos existente. Esto permitió calcular el porcentaje de datos obligatorios correctamente ingresados, asegurando que la ficha contara con los atributos esenciales para su integración en el sistema de gestión de investigación.

   - Validación funcional:

     Para verificar que la ficha digital de proyectos cumpliera con los requerimientos operativos, se implementó un proceso de validación a través de simulaciones de carga de datos. Estas simulaciones permitieron evaluar la compatibilidad de la ficha con la arquitectura del sistema, identificando posibles errores estructurales, omisiones de datos y conflictos en la base de datos.

     La validación incluyó pruebas en distintos escenarios de carga de información, analizando la capacidad del sistema para procesar correctamente los datos sin generar inconsistencias. Se midió el tasa de error en la importación mediante la siguiente fórmula:

     $$E_c = \left(\frac{R_e}{R_t}\right) \times 100$$

     Donde:

     - E_c es el porcentaje de error en la carga de datos.
     - R_e representa la cantidad de registros rechazados o con errores.

- R_t es el total de registros procesados.

Este enfoque permitió identificar áreas de mejora en la estructura de la ficha y garantizar que el sistema pueda gestionar eficientemente los proyectos de investigación sin problemas de interoperabilidad.

2. Gestión de equipos de investigación

Se midió la compatibilidad del módulo de gestión con la arquitectura del sistema mediante pruebas de integración y simulaciones de carga.

Se analizaron registros de uso para determinar la frecuencia con la que los investigadores acceden al módulo y la cantidad de equipos correctamente registrados.

3. Estándar de proyectos para CRIS

Se evaluó el nivel de alineación con los estándares internacionales CERIF y VIVO, midiendo el porcentaje de compatibilidad de los datos estructurados con estos modelos. Para ello, se utilizó una fórmula de compatibilidad, basada en la comparación de atributos esenciales de los proyectos registrados con los requisitos establecidos en estos estándares.

La compatibilidad se midió mediante la siguiente ecuación:

$$C = \left(\frac{D_c}{D_t}\right) \times 100$$

Donde:

- C es el porcentaje de compatibilidad del proyecto con los estándares CRIS.
- D_c representa la cantidad de datos correctamente estructurados y alineados con CERIF y VIVO.
- D_t es el total de datos esperados para un proyecto en la base de datos.

Se llevó a cabo un análisis de errores en la carga de proyectos a CRIS, determinando la frecuencia de fallos en la importación de información debido a inconsistencias en el formato. Para ello, se aplicó la siguiente métrica de error:

$$E_f = \left(\frac{F_r}{T_r}\right) \times 100$$

Donde:

- E_f es el porcentaje de fallos en la carga de proyectos.
- F_r representa el número de registros con errores detectados.
- T_r es el total de registros procesados.

Este análisis permitió identificar patrones de error en la estructura de los datos, destacando la necesidad de establecer validaciones automáticas para reducir inconsistencias antes de la carga al sistema. Como resultado, se recomienda la implementación de una fase de prevalidación en la que los datos sean sometidos a pruebas de estructura y formato antes de ser importados a CRIS.

4. Desarrollo de manuales y materiales de apoyo

   Se propuso la medición de la frecuencia de consulta de los manuales por parte de los usuarios.

   Se proyectó la reducción de errores en el uso del sistema a partir de la capacitación de investigadores en el manejo de los módulos.

Para el análisis de estos datos cuantitativos, se utilizaron herramientas de estadística descriptiva y análisis comparativo, midiendo mejoras antes y después de la implementación del sistema.

El análisis cualitativo se centró en la evaluación de la percepción de los usuarios y en la validación del diseño de los módulos de gestión de investigación. Se implementaron las siguientes estrategias:

1. Entrevistas a expertos y gestores de investigación
   - Se realizaron entrevistas con administradores de proyectos y autoridades universitarias para conocer su percepción sobre la utilidad del sistema y la ficha digital.
   - Se identificaron necesidades adicionales y posibles mejoras en la estructura del sistema a partir de estas entrevistas.
2. Observación del proceso de carga de información
   - Se analizó cómo los investigadores interactuaban con los módulos de registro y gestión de equipos.

- Se registraron dificultades o errores comunes en el proceso de carga de datos, con el fin de optimizar la experiencia del usuario.

3. Evaluación de la efectividad de los materiales de capacitación
    - Se realizaron pruebas de comprensión con potenciales usuarios del sistema, evaluando la claridad y utilidad de los manuales y tutoriales desarrollados.
    - Se analizaron comentarios y sugerencias de los participantes para realizar ajustes en los documentos de apoyo.

Mediante la combinación de estos enfoques cuantitativos y cualitativos, se logró una evaluación integral de la propuesta del sistema de gestión de investigación. Estos resultados permiten validar la efectividad del sistema y su potencial para mejorar la gestión de proyectos, la administración de equipos científicos y la visibilidad de la producción académica de la USAC.

8. Aspectos éticos y legales

Para garantizar la ética en la investigación y el respeto a la privacidad de los participantes, las encuestas difundidas incorporaron un método de consentimiento previo a su llenado. En este proceso, se informó a los encuestados que la participación era voluntaria, que los datos recolectados serían utilizados exclusivamente con fines de investigación y que la información proporcionada se mantendría en estricta confidencialidad.

Además, se aseguró el anonimato total de los participantes, evitando la recopilación de datos personales identificables, como nombres, direcciones de correo electrónico o números de teléfono. Con ello, se garantizó que las respuestas fueran procesadas de manera agregada, sin posibilidad de vinculación con una identidad específica.

Asimismo, los encuestados tuvieron la libertad de no participar en caso de no estar de acuerdo con los términos expuestos en el consentimiento previo. Este mecanismo fue aplicado en las dos encuestas realizadas dentro del estudio:

1. Encuesta sobre proyectos de investigación, enfocada en la gestión y financiamiento externo.
2. Encuesta sobre equipos de investigación, orientada a evaluar la administración y trazabilidad del equipamiento científico.

El cumplimiento de estas medidas asegura que el estudio respete los principios de transparencia, ética e integridad en la investigación, alineándose con las mejores prácticas para la recolección de datos en estudios académicos.

Ilustración 1 Mensaje de consentimiento previo a la encuesta de proyectos

CRIS y su beneficio en proyectos de investigación

En el marco de la ejecución de la convocatoria diferenciada 2024 y el eje temático **"Desarrollo de un Sistema de Gestión de la Investigación para la USAC"** y el equipo de investigación del Centro de Investigaciones de Ingeniería, se está realizando un diagnóstico de la comunidad científica y la situación actual sobre los proyectos de investigación que se ejecutan en la universidad, esto debido a que dichos datos serán los que se cargarán en un futuro cuando el sistema CRIS esté implementado a su totalidad.

Esta encuesta tiene fines únicamente de investigación y diagnostico y es totalmente confidencial y anónima.

Ilustración 2 Mensaje de consentimiento previo a la encuesta de equipos de investigación

Equipos como herramientas de investigación

En el marco de la ejecución de la convocatoria diferenciada 2024 y el eje temático **"Desarrollo de un Sistema de Gestión de la Investigación para la USAC"** y el equipo de investigación del Centro de Investigaciones de Ingeniería, se está realizando un diagnóstico de la comunidad científica y la situación actual sobre el equipamiento con el que cuenta en la universidad para realizar investigación la gestión del mismo.

Esta encuesta tiene fines únicamente de investigación y diagnostico y es totalmente confidencial y anónima.

9. Resultados y discusión

El desarrollo del módulo de consulta de equipos para la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) surge como una iniciativa para mejorar la gestión de los recursos tecnológicos adquiridos a través de proyectos de investigación. Esta herramienta, diseñada

para la Dirección General de Investigación (DIGI), tiene como objetivo principal proporcionar una solución digital que optimice la administración de equipos, facilitando su acceso, consulta y trazabilidad dentro de la institución.

La problemática inicial radica en la falta de un sistema unificado que permitiera a los investigadores y administrativos conocer la disponibilidad, ubicación y condiciones de uso de los equipos. Por ello, se propuso la creación de una base de datos centralizada y un módulo de consulta accesible a los distintos actores dentro de la USAC, con una interfaz pública para la búsqueda de equipos y un acceso privado para la gestión detallada de estos recursos.

9.1. Gestión de equipos y ficha de equipo

9.1.1. Creación de la Base de Datos

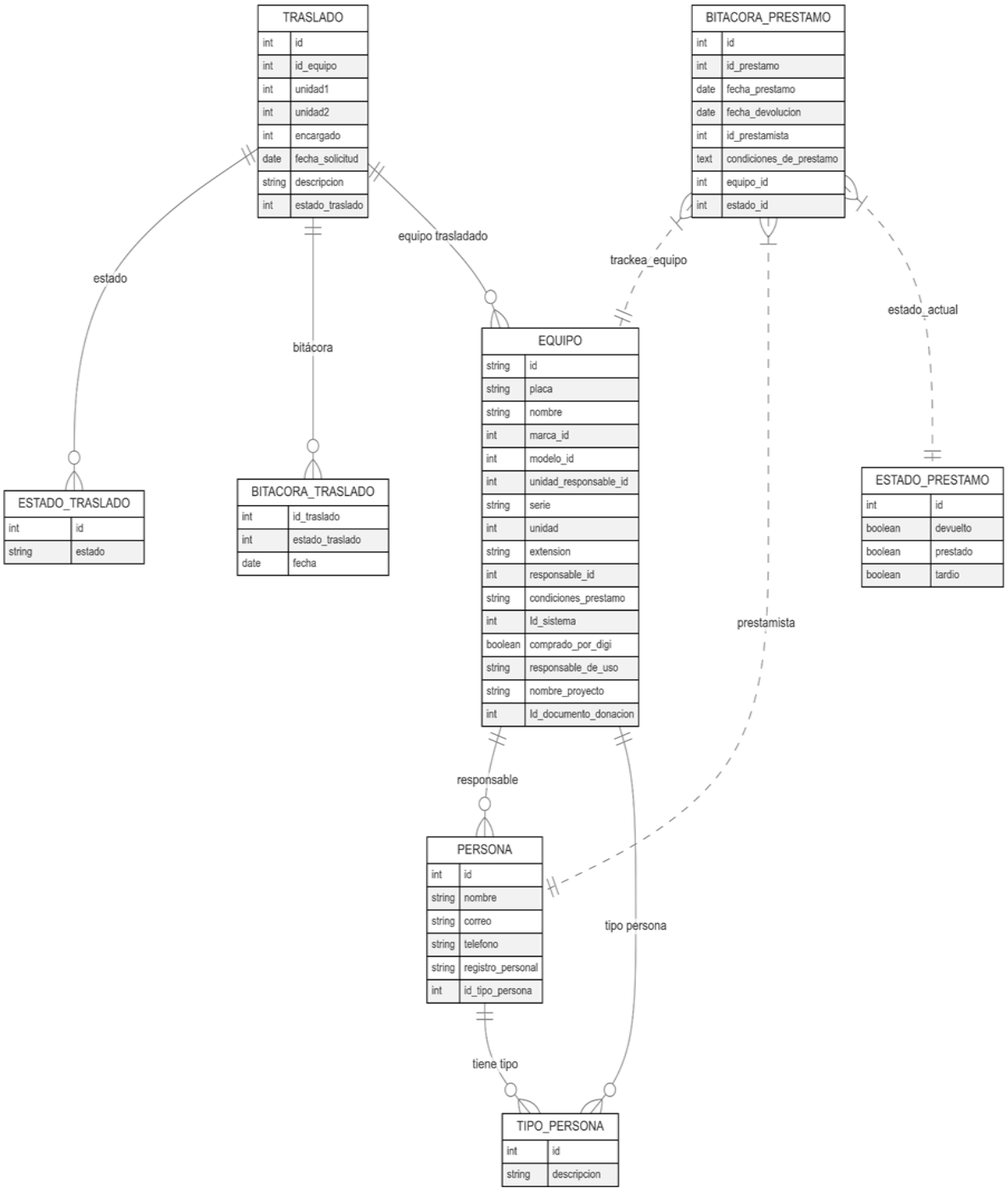
Para la correcta administración de los equipos, se diseñó y estructuró una base de datos que almacena información relevante sobre los activos tecnológicos de la universidad. Esta base de datos contempla distintas entidades clave, incluyendo:

- **Equipos:** Información sobre cada recurso tecnológico, incluyendo su identificación, marca, modelo, número de serie y ubicación.
- **Unidades Responsables:** Registro de las instancias universitarias a las que pertenecen los equipos una vez finalizado su uso en proyectos de investigación.
- **Personas Responsables:** Datos de contacto de los encargados de cada equipo.
- **Bitácoras de Préstamos y Traslados:** Registro de los movimientos de equipos, asegurando su trazabilidad y control dentro de la institución.

El modelo de datos se diseñó con el propósito de garantizar la integridad de la información y facilitar las consultas a través de múltiples criterios de búsqueda, como tipo de equipo, número de placa, marca o número de serie.

Diagrama de Base de Datos

Ilustración 3Diagrama Entidad-Relación



9.1.2. Diccionario de datos

9.1.2.1.Tabla equipo

Tabla 2 Definición de la tabla equipo

Campo	Descripción
id	Identificador único para cada equipo el que corresponde con el inventario
placa	Código único del equipo.
nombre	Nombre del equipo.
marca_id	Referencia a la tabla MARCA.
modelo_id	Referencia a la tabla MODELO.
unidad_responsable_id	Referencia a la tabla UNIDAD_RESPONSABLE.
serie	Número de serie del equipo.
unidad	Código de unidad.
extension	Extensión de la unidad.
responsable_id	Referencia a la tabla RESPONSABLE. Registro del personal
condiciones_prestamo	Descripción de las condiciones de préstamo.
Id_sistema	Identificador unico dentro del sistema
comprado_por_digi	Valor Booleano, que identifica si digi compro el equipo
responsable_de_uso	Persona responsable del uso que se le dara al equipo
nombre_proyecto	Nombre del proyecto para el que se usara el equipo
Id_documento_donacion	Este campo es opcional, solo se usa si es una donacion

9.1.2.2.Tabla persona

Tabla 3 Definición de la tabla persona

Campo	Descripción
id	Identificador único para cada responsable.
nombre	Nombre del responsable.
correo	Correo electrónico del responsable.
telefono	Teléfono del responsable.
registro_personal	Campo opcional, registro de trabajador
id_tipo_persona	Referencia a la tabla tipo persona

9.1.2.3.Tabla tipo_persona

Tabla 4 Definición de la tabla tipo_persona

ID	Datos
1	Responsable del equipo
2	Tesorero
3	Auxiliar de laboratorio I
4	Director
5	Encargado
6	Coordinador del Centro de Investigación

9.1.2.4.Tabla estado_traslado

Tabla 5 Definición de la tabla estado_traslado

id	estado
1	En proceso
2	Entregado

9.1.2.5.Tabla bitácora_traslado

Tabla 6 Definición de la tabla bitacora_traslado

Campo	Descripción
id_traslado	
estado_traslado	
fecha	

9.1.2.6.Tabla bitácora_prestamo

Tabla 7 Definición de la tabla bitacora_prestamo

Campo	Descripción
id_prestamo	
fecha_prestamo	
fecha devolución	

id_prestamista	
condiciones_de_prestamo	
equipo_id	
estado	

9.1.3. Desarrollo del Módulo de Consulta

El módulo de consulta fue implementado con el propósito de permitir a los usuarios acceder fácilmente a la información de los equipos disponibles en la USAC. Este módulo cuenta con dos tipos de acceso:

1. **Acceso Público:** Permite a cualquier miembro de la universidad realizar consultas generales sobre los equipos registrados, obteniendo información básica como nombre del equipo, ubicación y estado de disponibilidad.
2. **Acceso Privado:** Exclusivo para los administradores del sistema y responsables de equipos, proporcionando datos más detallados, incluyendo información de contacto, condiciones de préstamo y registros de uso.

La interfaz del sistema fue diseñada para ser intuitiva, con opciones de búsqueda avanzadas que permiten filtrar equipos según distintos criterios.

Diagrama de Interfaz del Módulo de Consulta

Ilustración 4 Vista de la consulta general

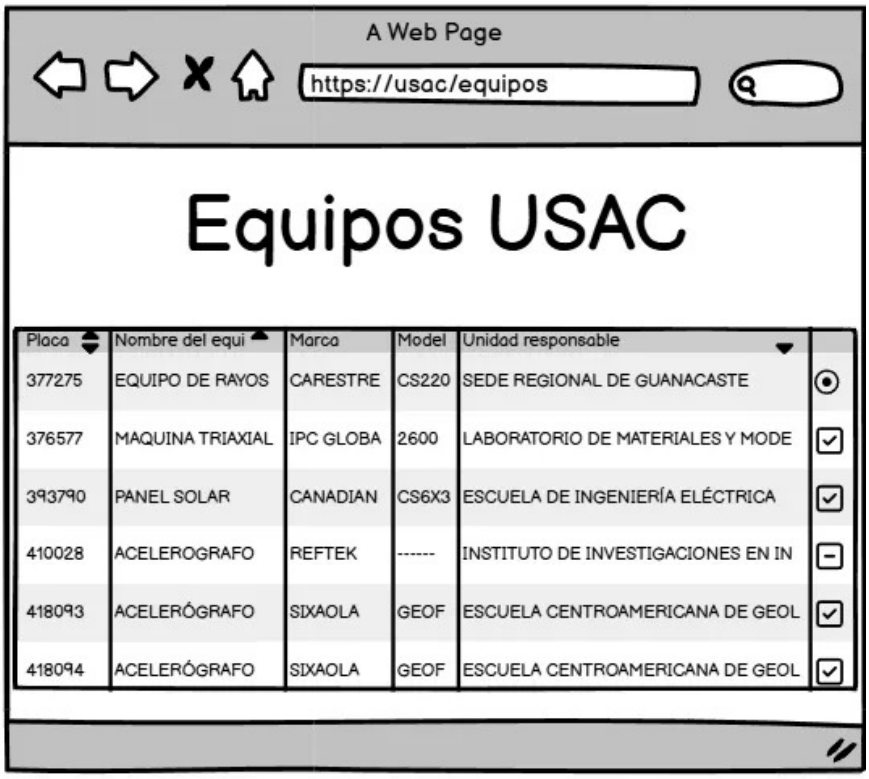
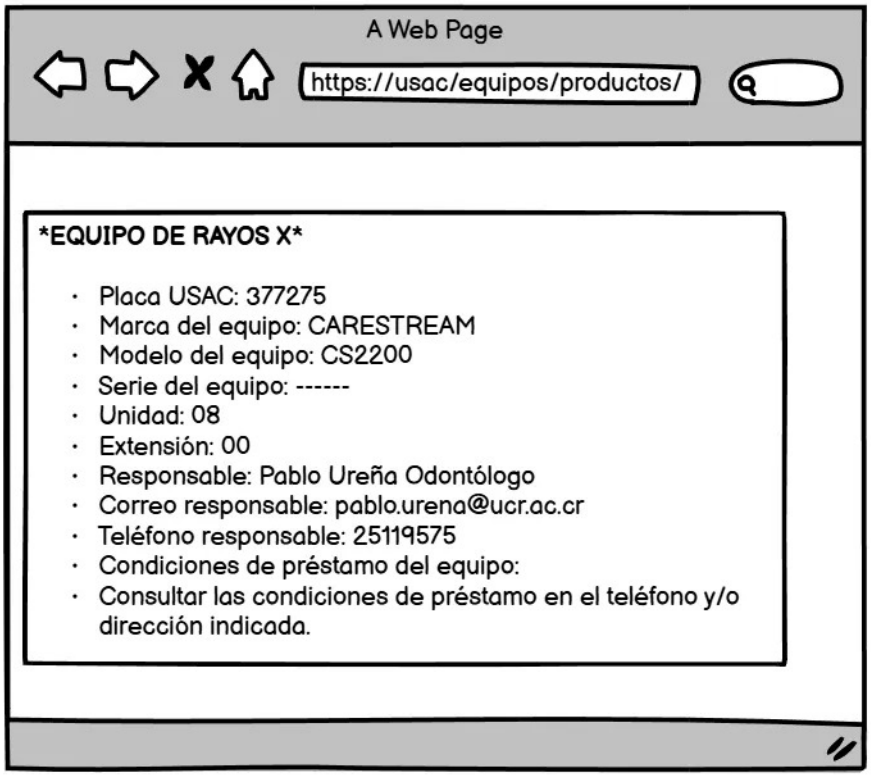


Ilustración 5 Consulta específica de un equipo



9.1.4. Gestión de Equipos en Proyectos de Investigación

investigación. Al finalizar su uso en un proyecto, los equipos son transferidos a una unidad académica, donde pueden seguir siendo utilizados en nuevas investigaciones.

Las unidades académicas incluidas en este proceso son:

- Facultad de Ciencias Médicas
- Facultad de Ingeniería
- Facultad de Ciencias Económicas
- Facultad de Arquitectura
- Facultad de Odontología, entre otras.

Cada unidad responsable de un equipo cuenta con un identificador único dentro del sistema, lo que permite realizar consultas específicas sobre su inventario y disponibilidad.

9.1.5. Registro y Trazabilidad de Equipos

Para garantizar un control efectivo de los equipos, el sistema implementa bitácoras de préstamos y traslados.

Bitácora de Préstamos

Cada equipo prestado queda registrado en el sistema con la siguiente información:

- Identificación del solicitante.
- Fecha de préstamo y fecha de devolución programada.
- Condiciones de préstamo y estado del equipo antes y después del uso.

Bitácora de Traslados

Cuando un equipo cambia de ubicación dentro de la universidad, el sistema registra:

- Unidad de origen y unidad de destino.
- Estado del traslado (en proceso o completado).
- Responsable del equipo en la nueva unidad.

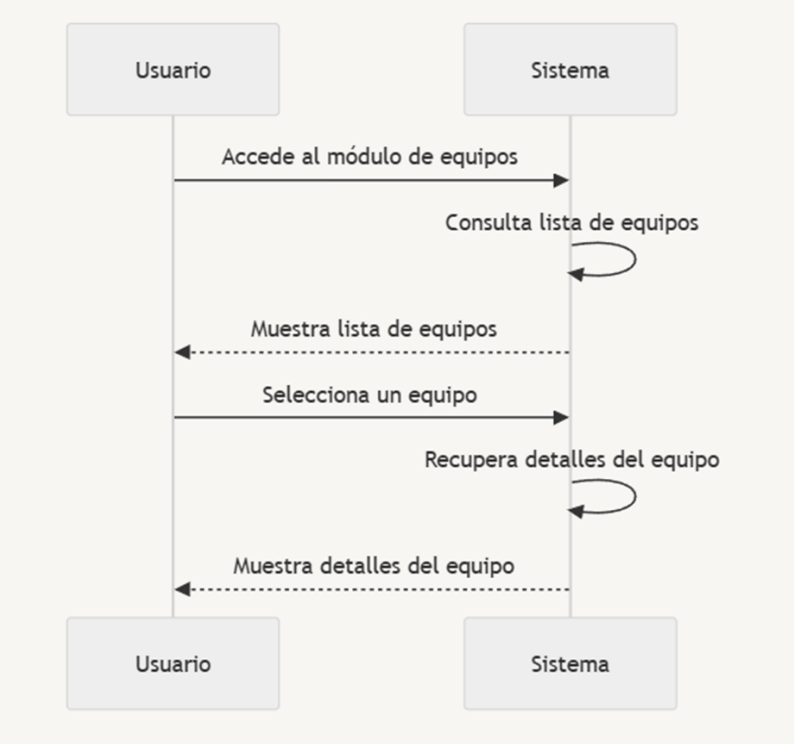
Este proceso permite garantizar la correcta administración de los recursos, asegurando su trazabilidad y optimizando su uso dentro de la USAC.

9.1.6. Casos de Uso del Sistema

Caso de Uso 1: Consulta de Equipos

- **Actor:** Cualquier usuario de la USAC.
- **Objetivo:** Acceder a la información general sobre los equipos disponibles en la universidad.
- **Proceso:** El usuario ingresa al sistema, realiza una búsqueda y obtiene los detalles del equipo seleccionado.

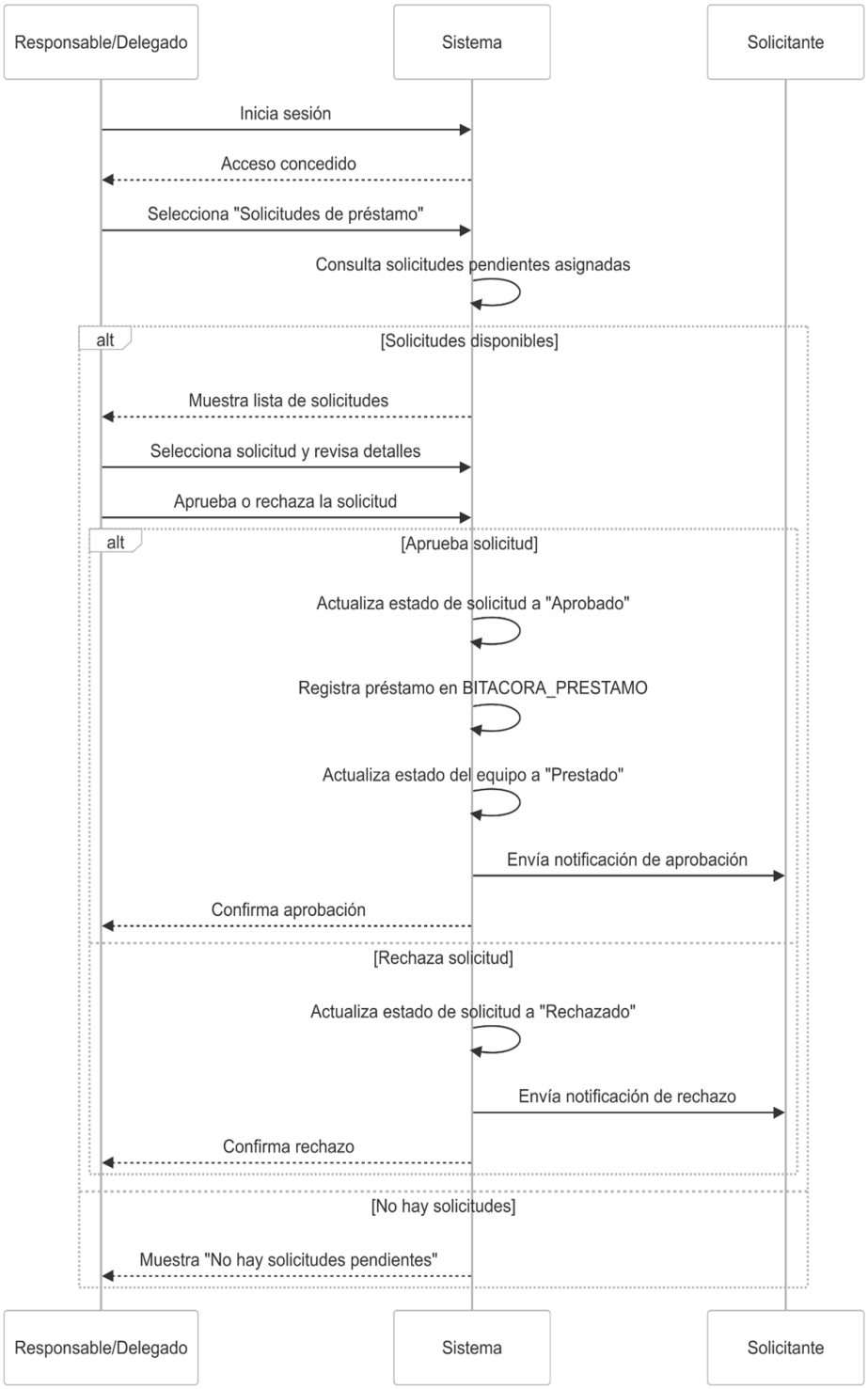
Ilustración 6 Caso 1: secuencia de consulta de equipo



Caso de Uso 2: Solicitud de Préstamo de Equipos

- **Actor:** Investigador.
- **Objetivo:** Gestionar la solicitud de préstamo de un equipo.
- **Proceso:** El investigador selecciona el equipo (incluyendo código de inventario y ubicación), envía una solicitud y espera la aprobación del responsable.

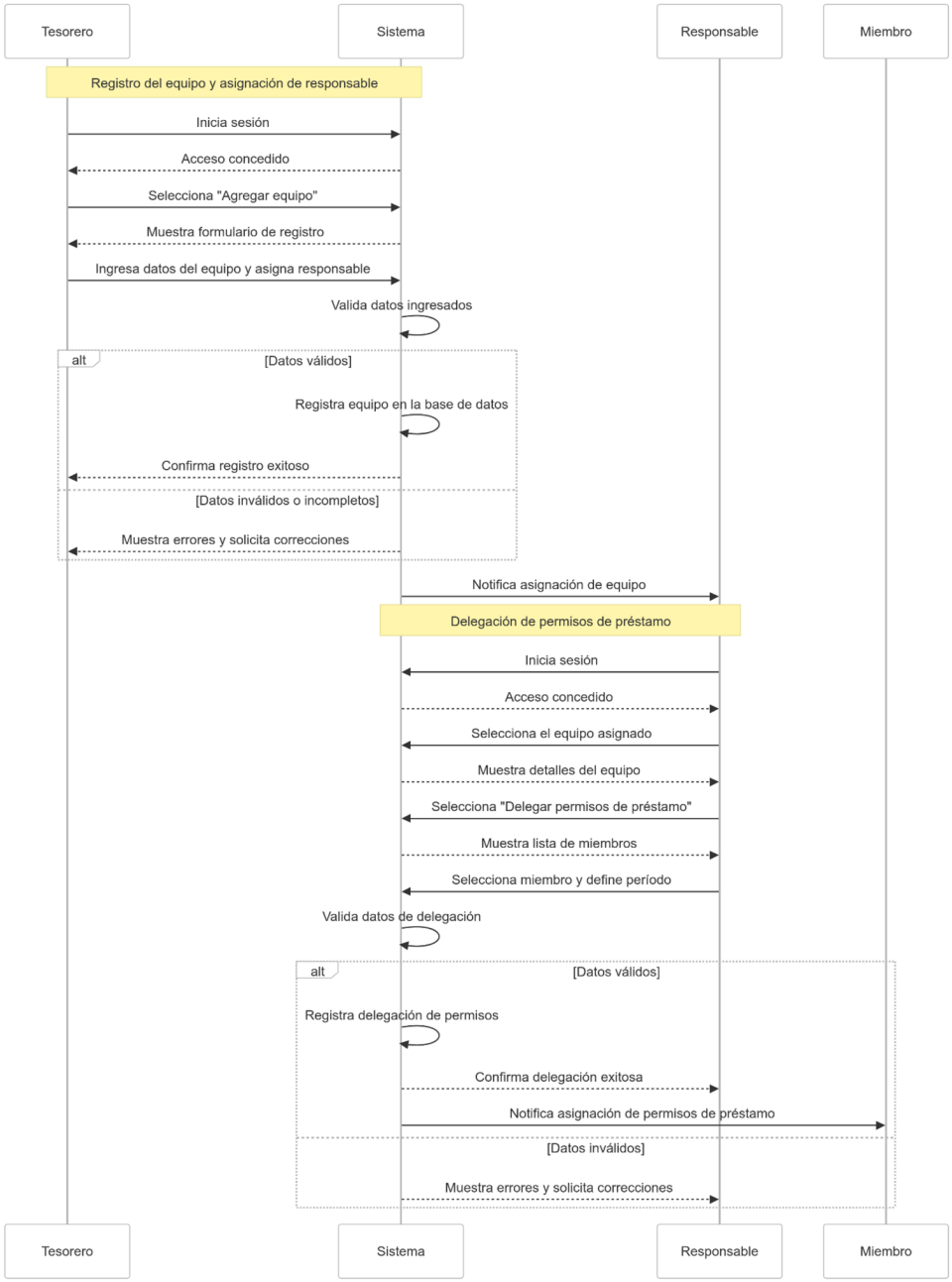
Ilustración 7 Caso 2: Solicitud de equipo



Caso de Uso 3: Delegación de Permisos de Préstamo

- **Actor:** Responsable del equipo.
- **Objetivo:** Delegar temporalmente los permisos de préstamo a otro usuario.
- **Proceso:** Se selecciona al delegado, se establece un período de delegación y se notifica al nuevo responsable.

Ilustración 8 Caso 3: resolución de solicitudes



Caso de Uso 4: Monitoreo de la Bitácora de Movimientos

- **Actor:** Director de unidad académica.
- **Objetivo:** Revisar la bitácora de préstamos y traslados de los equipos bajo su área de responsabilidad.
- **Proceso:** Se consulta el historial de movimientos y se generan reportes.

El desarrollo del módulo de consulta de equipos para la USAC ha permitido modernizar la gestión de estos recursos, asegurando un mejor aprovechamiento de los mismos. Como parte de las recomendaciones, se sugiere:

- Mantener el sistema actualizado con nuevas funcionalidades conforme evolucionen las necesidades de la comunidad investigadora.
- Realizar capacitaciones periódicas para los usuarios, asegurando un uso adecuado del sistema.
- Explorar futuras integraciones con otros sistemas institucionales para una gestión más completa.

Con esta iniciativa, la USAC da un paso importante hacia la digitalización de la administración de sus equipos de investigación, promoviendo un uso más eficiente y transparente de los recursos tecnológicos de la institución.

9.2. Estándar de proyectos de financiamiento externo

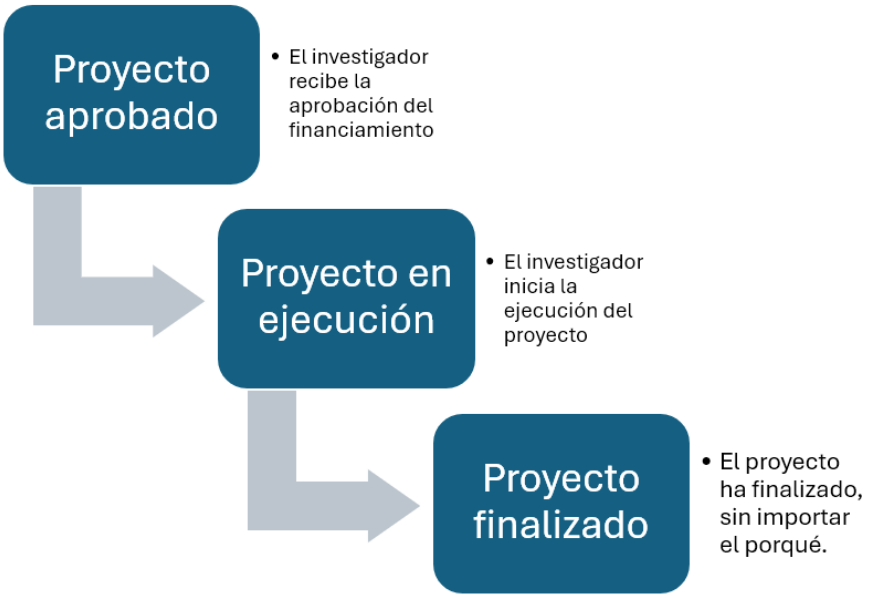
Tal como se ha mencionado, todos los proyectos de investigación deben registrarse en el sistema de gestión de la investigación. Esto es fundamental para garantizar la visibilidad, trazabilidad y acceso a la información sobre las investigaciones desarrolladas en la universidad, permitiendo una gestión más eficiente y una mayor proyección de los resultados científicos a nivel institucional y global.

Para lograr una gestión eficiente, es fundamental comprender la naturaleza de los proyectos de investigación con financiamiento externo, ya que su seguimiento no puede realizarse de la misma manera que los proyectos financiados por la DIGI. Debido a esta diferencia, se diseñó un instrumento de recolección de datos que permitió identificar las tendencias y elementos clave que deben registrarse en el sistema para garantizar una administración adecuada de los proyectos con financiamiento externo. Este instrumento facilita la estandarización de la información, asegurando que todos los proyectos cuenten con los datos mínimos necesarios para su correcta gestión y visibilidad dentro del sistema de investigación.

De igual manera, durante la toma de requerimientos, se identificaron tres fases clave en la gestión de proyectos con financiamiento externo, las cuales deben ser consideradas dentro del sistema de investigación para garantizar un registro estructurado y funcional:

1. Proyecto aprobado: En esta fase, el proyecto ha sido aceptado para su financiamiento, por lo que debe ser registrado en el sistema de gestión de la investigación. Este registro es fundamental para documentar la existencia del proyecto, sus fuentes de financiamiento y su equipo de investigación, permitiendo su trazabilidad desde el inicio.
2. Proyecto en ejecución: Corresponde al período en el que el proyecto está en marcha. En esta etapa, no es necesario un seguimiento detallado dentro del sistema, sino únicamente mantener el estado del proyecto activo, asegurando que se encuentra en funcionamiento.
3. Proyecto finalizado: Una vez que el proyecto ha concluido, debe registrarse su finalización en el sistema. Esto permite documentar los productos generados, resultados obtenidos y posibles publicaciones, asegurando que el impacto del proyecto pueda ser evaluado y considerado en futuras investigaciones.

Ilustración 9 Estados escenciales de un proyecto de financiamiento externo



Estas tres fases proporcionan un marco estructurado para la gestión de proyectos con financiamiento externo, asegurando que la información registrada en el sistema sea relevante y funcional para la visibilización y trazabilidad de la investigación dentro de la universidad.

Para garantizar un registro adecuado y estandarizado en el sistema de gestión de la investigación, se ha definido un conjunto de datos mínimos obligatorios y opcionales que deben completarse al ingresar un proyecto con financiamiento externo. Estos datos aseguran

que la información esencial del proyecto esté disponible para su trazabilidad, monitoreo y visibilidad dentro de la universidad.

A continuación, se detallan los campos requeridos para el registro, especificando cuáles son obligatorios y su respectiva descripción:

Tabla 8 Estándar de proyectos con financiamiento externo

Campo	Obligatorio	Descripción
Identificador de proyecto	Sí	Código único del proyecto dentro del sistema. Permite la identificación y seguimiento del proyecto de manera unívoca.
Código de investigador principal	Sí	Identificador único del investigador principal del proyecto dentro del sistema.
Nombre del proyecto	Sí	Título del proyecto de investigación que se está registrando.
Código de centro de investigación	Sí	Identificador único del centro de investigación donde se desarrolla el proyecto.
Departamento	No	Departamento geográfico donde se está ejecutando el proyecto.
Municipio	No	Municipio donde se está llevando a cabo el proyecto de investigación.

Año de inicio	Sí	Año en el que comenzó la ejecución del proyecto.
Año de finalización	No	Año en que finalizó o está previsto que finalice el proyecto.
Resumen	Sí	Descripción breve del proyecto, incluyendo su propósito, alcance y relevancia.
Objetivos	No	Objetivos específicos del proyecto de investigación.
Monto otorgado por la entidad externa	Sí	Cantidad monetaria asignada al proyecto por la entidad financiadora externa.
Monto aportado por USAC/Centro de investigación	Sí	Cantidad de financiamiento local proporcionado por la USAC o el centro de investigación correspondiente.

Estos datos constituyen la base mínima de información necesaria para el registro de proyectos en el sistema, asegurando una estructura clara y consistente que permita una correcta administración, evaluación y visibilización de la investigación con financiamiento externo dentro de la universidad.

También es importante destacar que la arquitectura de VIVO, utilizada para la gestión de información académica y de investigación, permite la inclusión de un mayor número de campos en sus ontologías. Esto significa que, si se requieren más datos para un proyecto en particular, el sistema puede ampliarse dinámicamente para capturar información adicional sin afectar la estructura base del modelo.

Sin embargo, se recomienda que los campos adicionales son opcionales, ya que el conjunto de datos previamente definido representa los mínimos esenciales para el registro de un proyecto de investigación con financiamiento externo. La inclusión de nuevos campos debe responder a necesidades específicas sin comprometer la transversalidad del modelo, asegurando que la estructura del sistema se mantenga flexible pero estandarizada para todos los proyectos dentro de la universidad.

También se pudo determinar que no es necesario adjuntar documentación específica al momento de registrar un proyecto en el sistema de gestión de la investigación, debido a la diversidad de requisitos entre los distintos tipos de financiamiento. No existe un punto de consenso en cuanto a la documentación requerida para todos los proyectos, ya que algunos fondos externos no están vinculados a convocatorias formales ni requieren formularios o documentos administrativos detallados, como ocurre con ciertos entes financiadores nacionales.

En el caso del financiamiento internacional, los requisitos varían considerablemente, y en muchas ocasiones no se solicita documentación personal, como títulos académicos o certificaciones formales. Debido a estas diferencias, no es viable ni recomendable estandarizar la toma de datos documentales dentro del sistema, ya que esto podría generar restricciones innecesarias en el registro de proyectos.

Lo único que se identificó como documento estándar y relevante es una constancia de aceptación del proyecto, la cual puede presentarse de diversas maneras. En algunos casos, esta constancia podría ser un documento oficial de la entidad financiadora, mientras que en otros bastaría con una captura de pantalla de un correo electrónico de confirmación. Esto garantiza que el sistema sea lo suficientemente flexible y accesible para todos los investigadores, independientemente del tipo de financiamiento que gestionen.

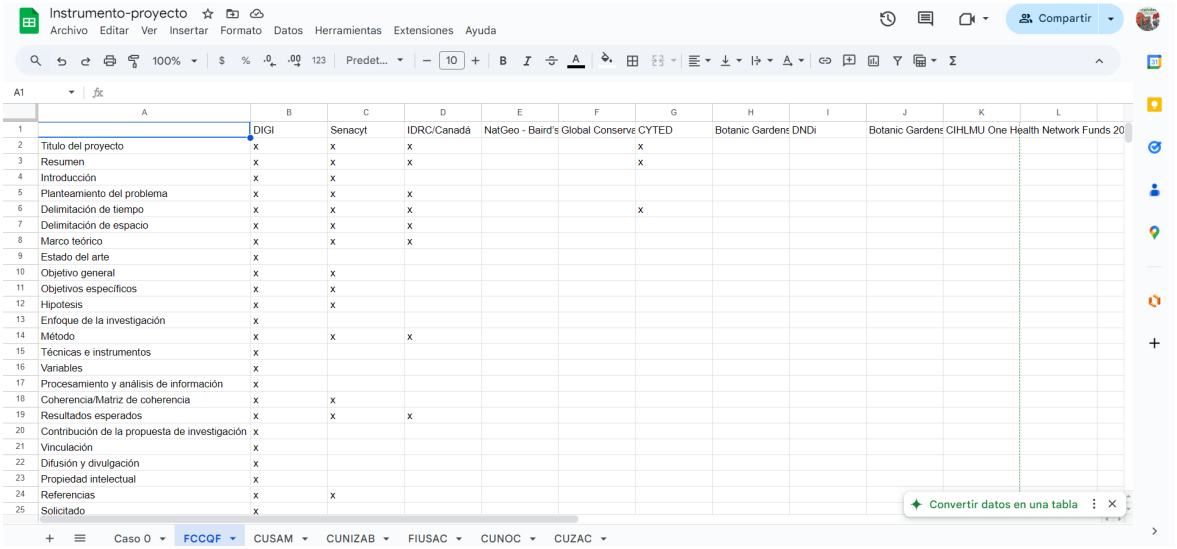
Para estructurar la ficha de registro de proyectos con financiamiento externo y determinar la fase adecuada para su carga en el sistema, se emplearon dos instrumentos principales que permitieron analizar la información clave requerida en estos procesos.

El primer instrumento consistió en la elaboración de una matriz de requerimientos en la que se identificaron los datos esenciales que los proyectos deben proporcionar al momento de aplicar a una convocatoria o al gestionar financiamiento externo. Esta matriz permitió consolidar y visualizar los datos comunes compartidos entre los diferentes financiadores, lo que facilitó la estandarización de la información mínima requerida para el registro en el sistema de gestión de la investigación.

A través de este análisis, se identificaron patrones en la documentación y en los criterios utilizados por distintas entidades financiadoras, permitiendo establecer un modelo base que garantizara que todos los proyectos contaran con la información fundamental para su

trazabilidad y monitoreo dentro del sistema. Esto aseguró que la ficha de registro fuera lo suficientemente flexible y adaptable a las particularidades de cada financiamiento, sin imponer requisitos innecesarios que pudieran generar barreras en la carga de información.

Ilustración 10 Instrumento matricial de requisitos



	DIGI	Senacyt	IDRC/Canadá	NatGeo - Baird's	Global Conserve	CYTED	Botanic Gardens	DNDi	Botanic Gardens	CIHLMU One Health Network	Funds 20
Titulo del proyecto	x	x	x			x					
Resumen	x	x	x			x					
Introducción	x	x									
Planteamiento del problema	x	x	x								
Delimitación de tiempo	x	x	x			x					
Delimitación de espacio	x	x	x								
Marco teórico	x	x	x								
Estado del arte	x										
Objetivo general	x	x									
Objetivos específicos	x	x									
Hipotesis	x	x									
Enfoque de la investigación	x										
Método	x	x	x								
Técnicas e instrumentos	x										
Variables	x										
Procesamiento y análisis de información	x										
Coherencia/Matriz de coherencia	x	x									
Resultados esperados	x	x	x								
Contribución de la propuesta de investigación	x										
Vinculación	x										
Difusión y divulgación	x										
Propiedad intelectual	x										
Referencias	x	x									
Solicitado	x										

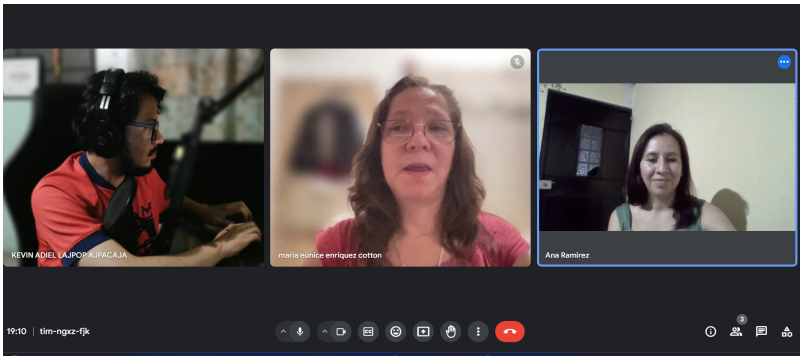
De igual manera, este análisis se complementó con las fichas cualitativas que documentaron los datos recopilados en cada sesión de trabajo con las distintas unidades académicas y centros de investigación. El objetivo de esta recolección de datos fue consolidar y estructurar la información clave que surgió durante estas reuniones, permitiendo explorar y validar los requerimientos específicos para la gestión de proyectos con financiamiento externo.

Para cada unidad con la que se sostuvo una reunión, se generó una ficha individual, donde se registraron aspectos como necesidades particulares, flujos de trabajo, criterios de financiamiento y datos relevantes para la integración en el sistema CRIS. Estas fichas permitieron identificar tendencias comunes y particularidades propias de cada facultad o centro, asegurando que la ficha de registro propuesta sea representativa y adaptable a los distintos entornos de investigación dentro de la USAC.

A continuación, se presenta un ejemplo de ficha elaborada a partir de la sesión realizada con la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, en la cual se detallan los puntos clave discutidos y los requerimientos identificados para la gestión de sus proyectos con financiamiento externo.

Tabla 9 Ejemplo de fichas con datos cualitativos

Ficha de reunión Proyecto : Diseño de un sistema de gestión de la investigación con énfasis en equipos de investigación y proyectos de financiamiento interno y externo Equipo de investigación: Fecha: 07 de agosto de 2024	
Unidad de investigación:	Instituto de Investigaciones - Escuela de Química Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia Edificio T - 15 24189400 Ext. 9522 recepcionusacfacultadfarmacia@gmail.com
Participantes:	PhD. Eunice Enríquez directora del Instituto Maestro Kevin Lajpop Lcda. Ana Ixcolin
Agenda:	• Presentación del equipo de investigación • Contextualización del Proyecto 2023 • Objetivo proyecto 2024 “Diseño de un sistema de gestión de la investigación con énfasis en equipos de investigación y proyectos de financiamiento interno y externo” • Retroalimentación de la unidad investigadora
Unidad de investigación	• Brindaron información sobre los proyectos ejecutados • Contextualización sobre la gestión de las investigaciones realizadas en la Facultad de farmacia • Dra. Eunice Enriquez, recomienda buscar o mapear los instrumentos que utilizan en las instituciones principales para poder hacer el formulario de las instituciones con las que las unidades han realizado la investigación. • Hacer resumen de lo que solicitan en las instituciones nacionales o internacionales. • El CV del estudiante o investigador es bien ponderado en las entidades internacionales. • Hay entidades que suben CV porque es bien valorada, adicional se llena un formulario al momento de aplicar a la convocatoria. • Caracterizar investigadores • Tomar como parámetro de estandarización los proyectos realizados en los últimos cinco años. • Al momento que se postula llenando un formulario que es en línea no queda constancia.

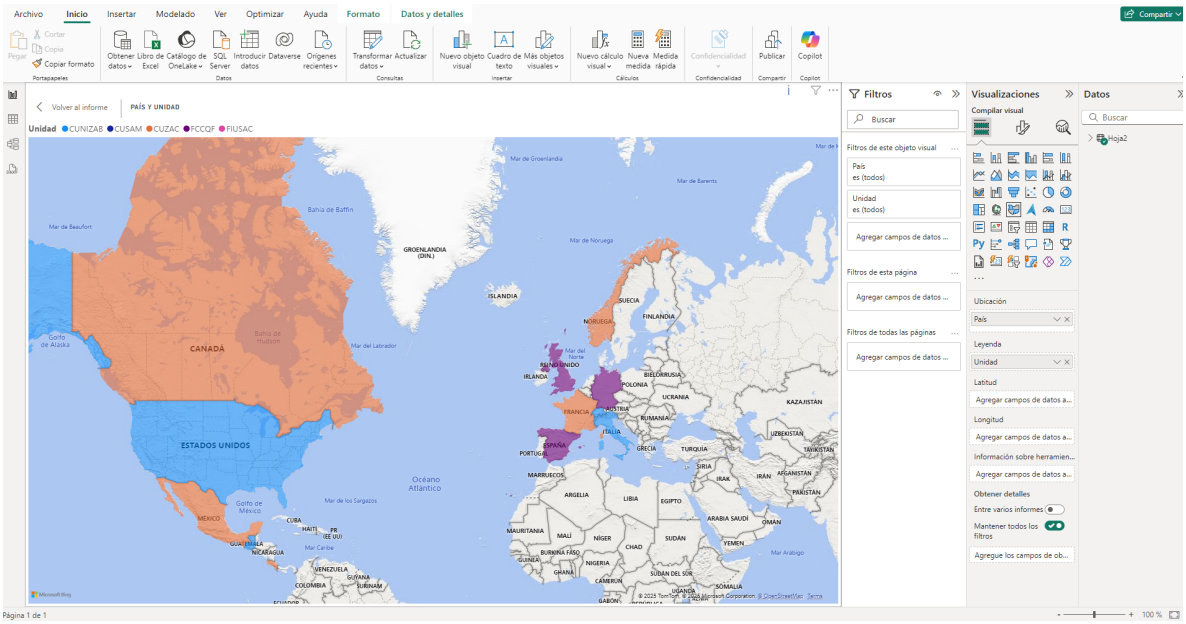
	• Es importante para la universidad, la producción científica y los investigadores. Qué es Valioso para los indicadores de la facultad: 1. Proyectos: 1.1 cuántas propuestas se someten como facultad, se les pide nombre del investigador, nombre coordinador, 1.2 qué laboratorio de investigación (qué unidad de investigación) 1.3 cuánto solicitan, 1.4 cuál es la institución al que están solicitando financiamiento, esto le ayuda a saber cuantas propuestas someten al año la facultad. 1.5 Cuántas son las que se les concede, 1.6 cuantas se desarrollan o si se financian al año. 1.7 Cuanto es el financiamiento aprobado (porque puede cambiar) 1.8 Se finalizó el proyecto o no.
Equipo de investigación	• Buscar los formatos de los proyectos de investigación realizados, • La OWSD/UNESCO cuando se postula proyectos,se llena una ficha o formulario que ellos solicitan y es en línea y son datos importantes y se adjunta el proyecto • Investigadores y la producción científica es importante en el sistema de investigación. • Para Farmacia es importante conocer cuántos proyectos se someten, considera importante el nombre del investigador, coordinador
Medios de verificación 	

También es importante destacar que, con los datos obtenidos de las instituciones participantes, se desarrolló un dashboard interactivo utilizando Power BI, el cual permitió visualizar las colaboraciones internacionales en investigación de la universidad.

Este dashboard facilitó la identificación de los países con los que la USAC ha desarrollado proyectos de investigación, proporcionando una representación gráfica de las relaciones establecidas con diferentes instituciones financiadoras. En la siguiente imagen se muestra dicho dashboard, donde se evidencia que diversos centros regionales y unidades de investigación han obtenido financiamiento de entidades ubicadas en Estados Unidos, Canadá, España y Alemania, entre otras.

Este tipo de visualización es fundamental, ya que proporciona un panorama claro y cuantificable de la cooperación internacional en investigación, lo que permite tomar decisiones estratégicas sobre futuras alianzas y oportunidades de financiamiento. Además, representa una muestra preliminar de las capacidades que el sistema CRIS deberá ofrecer una vez implementado, asegurando que la comunidad científica tanto nacional como internacional pueda acceder a información detallada sobre las redes de colaboración y financiamiento de la universidad.

Ilustración 11 Dashboard geoespacial



Con base en los datos mínimos identificados durante la fase de exploración, se procedió a generar un set de datos ficticios con el propósito de realizar pruebas en un entorno de implementación de VIVO en la nube. Este set de datos permitió simular la estructura y el

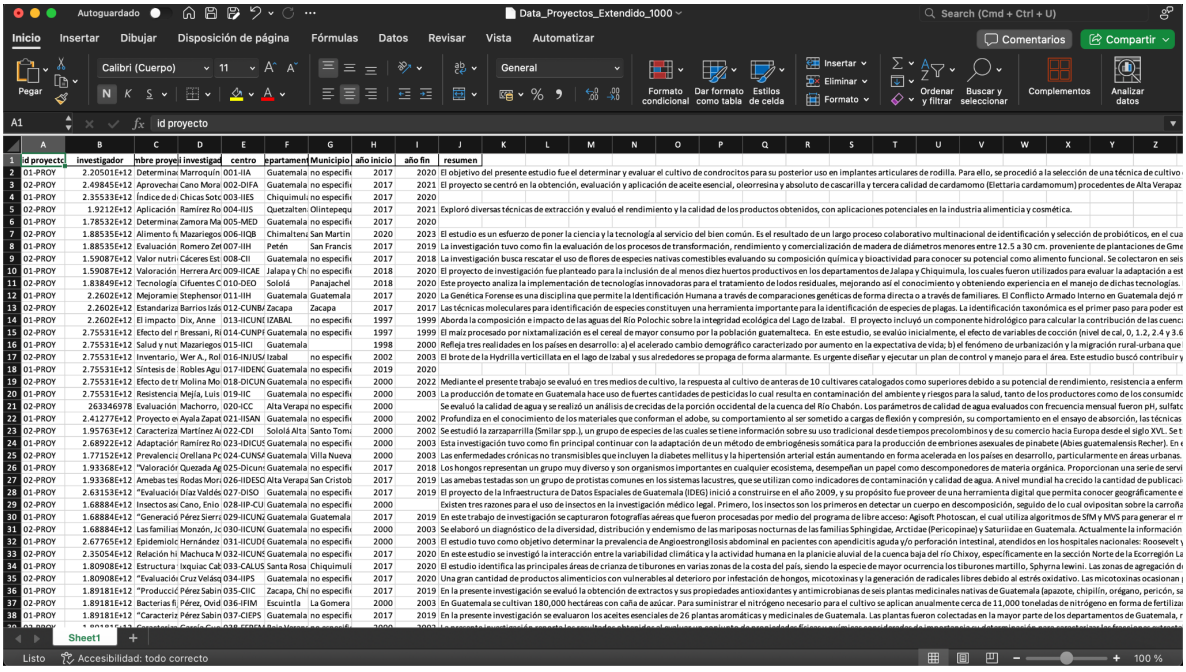
flujo de información esperados en el sistema CRIS, asegurando que la plataforma fuera capaz de almacenar, gestionar y visualizar la información de manera eficiente.

La generación de estos datos ficticios tuvo varios objetivos clave:

1. Validación de la estructura del modelo de datos: Se verificó que los campos mínimos definidos fueran suficientes para registrar y gestionar proyectos de investigación con financiamiento externo en VIVO.
2. Pruebas de interoperabilidad: Se evaluó la compatibilidad del sistema con estándares abiertos y su integración con otras plataformas de gestión de investigación.
3. Simulación de consultas y reportes: Se probó la capacidad del sistema para generar reportes dinámicos y visualizar datos relevantes de los proyectos de investigación.
4. Evaluación del rendimiento en la nube: Se analizaron tiempos de respuesta y estabilidad del sistema bajo diferentes cargas de datos.

Este set de datos sirvió como una herramienta fundamental para detectar posibles ajustes en la estructura de VIVO, optimizando su configuración antes de la implementación final. Asimismo, permitió al equipo de investigación validar el correcto funcionamiento del sistema en un entorno realista y controlado, asegurando que los investigadores pudieran registrar y gestionar sus proyectos de manera eficiente dentro del CRIS.

Ilustración 12 Datos aleatorios



Para facilitar la integración de los proyectos de investigación en el sistema VIVO, se desarrolló un script en Python que permite la transformación de datos almacenados en archivos CSV en un formato RDF/N3 compatible con VIVO. Este proceso automatiza la ingesta de datos, asegurando que las organizaciones, proyectos y personas involucradas en la investigación sean correctamente representadas en la plataforma.

El código cumple con los siguientes objetivos principales:

1. Lectura de archivos CSV que contienen la información de organizaciones, proyectos y personas.
2. Creación de objetos en Python para modelar estas entidades y sus relaciones.
3. Conversión de los datos al formato N3 compatible con VIVO, permitiendo su carga en el sistema.
4. Generación automática de identificadores y vínculos entre organizaciones, proyectos e investigadores.

1. Definición de Entidades

El código define tres clases principales para representar los datos:

- **`Organizacion`**: Representa centros de investigación y unidades académicas.
- **`Persona`**: Representa a los investigadores.
- **`Proyecto`**: Representa los proyectos de investigación registrados en VIVO.

Cada objeto almacena información clave sobre su entidad, como nombres, identificadores, afiliaciones y relaciones con otros objetos.

2. Lectura de Archivos CSV y Procesamiento de Datos

Se utilizan dos funciones para cargar los datos desde archivos CSV y almacenarlos en listas de Python:

```
def leer_csvOrganizaciones(nombre_archivo):

    df = pd.read_csv(nombre_archivo, delimiter=';',
encoding='utf-8')

    USAC = Organizacion(ID="000-USAC", nombre="Universidad
San Carlos de Guatemala", tipo="vivo:University",
```

```
siglas="USAC", correo="dpdcorres@usac.edu.gt",
sitio="https://www.usac.edu.gt/")

    Organizaciones.append(USAC)
```

- Se lee un archivo CSV con datos de organizaciones.
- Se agrega la USAC como organización principal.
- Se extraen ID, siglas, correos y sitio web de cada unidad académica.

```
def leer_csvProyectos(nombre_archivo):

    global contProyectos

    df = pd.read_csv(nombre_archivo, delimiter=';',
encoding='utf-8')

    df['Nombre proyecto'] = df['Nombre proyecto'].fillna("")

    df['resumen'] = df['resumen'].fillna("")
```

- Se leen los proyectos desde un archivo CSV.
- Se crean objetos `Proyecto`, asignando información como nombre, fechas y autores.
- Se verifican los investigadores asociados, asegurando que cada proyecto esté vinculado a una persona y a una organización.

3. Conversión de Datos al Formato N3

El código incluye una función para transformar los datos cargados en triplas RDF en formato N3, que luego pueden ser cargadas en VIVO.

```
def convertir_a_N3():

    data_n3 = '''@prefix xsd:
<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .

@prefix skos: <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#> .

@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .

@prefix vcard: <http://www.w3.org/2006/vcard/ns#> .
```

```
@prefix geo: <http://aims.fao.org/aos/geopolitical.owl#> .

@prefix bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/> .

@prefix vivo: <http://vivoweb.org/ontology/core#> .

@prefix obo: <http://purl.obolibrary.org/obo/> .

@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
'''
```

- Se definen espacios de nombres RDF para describir las entidades en VIVO.
- Se genera una estructura N3 para representar organizaciones, proyectos e investigadores.

Ejemplo de cómo se almacena un proyecto en N3:

```
data_n3 += f'<{URL}{proyecto.ID}>\n    a bibo:AcademicArticle
;\n'

data_n3 += f'    rdfs:label
"{proyecto.Nombre.replace('"','\\"').replace('\n','\\n')}"
;\n'

data_n3 += f'    bibo:abstract
"{proyecto.Resumen.replace('"','\\"').replace('\n','\\n')}"
;\n'

data_n3 += f'    vivo:relatedBy
<{URL}{proyecto.ID}Author{proyecto.Autoria}> ;\n'

data_n3 += f'    vivo:dateTimeValue <{URL}{proyecto.ID}Fecha>
.\n\n'
```

- Cada proyecto se identifica con un URI único en VIVO.
- Se almacenan nombre, resumen y fecha de inicio del proyecto.
- Se vincula con su autor y la organización a la que pertenece.

4. Generación y Escritura del Archivo de Datos

Una vez generadas todas las estructuras N3, el código escribe la información en un archivo de salida:

```
with open('datos.n3', 'w', encoding='utf-8') as archivo_n3:
    archivo_n3.write(data_n3)
    print('Archivo datos.n3 creado con éxito.')
```

- Se almacena la información en un archivo **datos.n3**, listo para ser cargado en VIVO.

En las siguientes imágenes se puede observar que la carga masiva de datos en VIVO fue exitosa, lo que confirma la correcta implementación del modelo estándar de proyecto dentro del sistema.

Ilustración 13 Consulta general de VIVO con el estándar de proyectos

Ilustración 14 Consulta de un proyecto cargado

Ilustración 15 Vista general de un centro de investigación

Los resultados reflejan que la estructura propuesta para los proyectos de investigación se integra de manera eficiente en VIVO, permitiendo la asociación automática de instituciones, investigadores, publicaciones y proyectos. Esto garantiza que la información esté

correctamente vinculada, proporcionando una representación precisa y accesible dentro de la plataforma.

Aspectos destacados de la carga masiva:

- Estructura coherente de los proyectos: Cada proyecto está correctamente identificado y vinculado con su investigador principal, su institución y sus publicaciones asociadas.
- Asociación efectiva de investigadores: Los investigadores quedan registrados con su información y relaciones a las instituciones y proyectos en los que participan.
- Conectividad con instituciones: Cada proyecto mantiene una relación clara con su respectivo centro de investigación, asegurando la trazabilidad de la información.
- Visualización dentro de VIVO: La interfaz refleja correctamente las relaciones establecidas, permitiendo la navegación y consulta eficiente de los datos cargados.

Estos resultados validan la efectividad del proceso de carga de datos, asegurando que la plataforma VIVO pueda gestionar la información de investigación de manera estructurada y accesible para toda la comunidad científica.

9.3. Plan de Divulgación del Sistema CRIS 2025

El Sistema CRIS (Current Research Information System) ha sido diseñado con el propósito de optimizar la gestión de la investigación dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Esta plataforma permitirá centralizar la información sobre proyectos de investigación, fuentes de financiamiento, equipos científicos y métricas de producción académica. Su implementación busca facilitar el acceso a estos datos, mejorar la transparencia y agilizar los procesos administrativos relacionados con la investigación.

Para garantizar una adopción efectiva del sistema por parte de la comunidad académica, se ha diseñado un plan de divulgación integral que tiene como objetivo principal dar a conocer las funcionalidades del Sistema CRIS y capacitar a los investigadores y administradores en su uso. La estrategia de divulgación contempla la organización de sesiones informativas, la distribución de materiales de aprendizaje y la creación de canales de soporte que permitan resolver dudas y garantizar una transición fluida hacia el uso de la plataforma.

9.3.1. Objetivos del Plan de Divulgación

Este plan tiene como objetivo capacitar a la comunidad académica en el uso del Sistema CRIS y asegurar su adopción como la plataforma oficial de gestión de la investigación en la USAC. Para lograrlo, se informará a los investigadores sobre el funcionamiento del sistema, se brindarán herramientas de formación en su uso y se establecerán mecanismos de soporte continuo para resolver dudas y garantizar su operatividad.

9.3.2. Público objetivo

El plan está dirigido a los investigadores que postulan o han postulado proyectos de investigación a través de la Dirección General de Investigación (DIGI). También se capacitará a los directores y coordinadores de unidades de investigación, quienes juegan un rol clave en la administración de proyectos. Asimismo, se incluirá al personal administrativo de estas unidades, asegurando que cuenten con las herramientas necesarias para gestionar los procesos en el sistema.

9.3.3. Metodología de Divulgación

La estrategia de divulgación se implementará mediante reuniones presenciales y virtuales. Las sesiones presenciales se llevarán a cabo en la sede de la DIGI y estarán dirigidas a las facultades del campus central, mientras que las capacitaciones virtuales permitirán la participación de los investigadores de centros universitarios regionales.

Adicionalmente, se desarrollará material de autoaprendizaje que incluirá manuales, guías interactivas y videos tutoriales, los cuales estarán disponibles en una plataforma digital para su consulta en cualquier momento.

Las capacitaciones se dividirán en sesiones teóricas y prácticas, donde los participantes aprenderán a navegar en la plataforma, registrar proyectos, administrar fuentes de financiamiento y gestionar equipos científicos.

9.3.4. Temas a Tratar en las Capacitaciones

Durante las sesiones, se abordarán temas esenciales para la correcta utilización del Sistema CRIS. En primer lugar, se explicará qué es el sistema, su propósito y los beneficios que ofrece a la comunidad académica. Posteriormente, se detallará el acceso a la plataforma, el proceso de registro de usuarios y los distintos roles dentro del sistema.

Se abordará también la administración de unidades de investigación y la gestión de proyectos de investigación, explicando los procedimientos de carga y actualización de información en el sistema. Además, se proporcionará formación en la administración de fuentes de financiamiento y equipamiento científico, asegurando que los investigadores puedan aprovechar todas las funcionalidades de la plataforma.

Para complementar la capacitación, se ofrecerán guías sobre el soporte técnico disponible y las mejores prácticas para la integración del sistema en la gestión diaria de la investigación.

9.3.5. Calendario

A continuación, se presenta la programación detallada de las sesiones de capacitación:

Tabla 10 Calendario de capacitaciones

Fecha	Hora	Lugar	Unidad Académica	Convocados	Participantes DIGI	Material a Utilizar
Miércoles 02 de abril 2025	8:00 – 11:00	DIGI	Facultades del campus central	Jefes de unidad, directores, junta directiva, investigadores	Dra. Burgos, Maestro Salazar, equipo de soporte CRIS	Presentación PPT, Guías CRIS, Manual del Usuario, Lista de asistencia, Lapiceros
Jueves 03 de abril 2025	8:00 – 11:00	DIGI	Escuelas no facultativas	Jefes de unidad, directores, junta directiva, investigadores	Dra. Burgos, Maestro Salazar, equipo de soporte CRIS	Presentación PPT, Guías CRIS, Lista de asistencia, Lapiceros, Manual de uso de la plataforma
Viernes 04 de abril 2025	8:00 – 11:00	DIGI/Virtual	Centros Universitarios	Jefes de unidad, directores, junta directiva, investigadores	Dra. Burgos, Maestro Salazar, equipo de soporte CRIS	Presentación PPT, Guías CRIS digitalizadas, Manual digital, Videos tutoriales

9.3.6. Materiales de Apoyo

Para facilitar el aprendizaje y la adopción del **Sistema CRIS**, se han desarrollado diversos materiales de apoyo que serán distribuidos durante las capacitaciones y estarán disponibles en línea para su consulta posterior. Estos materiales ayudarán a los investigadores y administradores a familiarizarse con la plataforma y sus funcionalidades.

Los materiales incluyen:

- **Manual del Usuario**: Documento detallado que explica el acceso, navegación y uso de cada una de las funcionalidades del sistema. Este manual servirá como referencia para los investigadores y administradores en la gestión de proyectos de investigación.
- **Guía Rápida de Referencia**: Un resumen visual con pasos esenciales para la carga de proyectos, administración de financiamiento y gestión de equipos. Su propósito es agilizar la consulta de información dentro de la plataforma.
- **Presentaciones en PowerPoint (PPT)**: Material visual utilizado en las capacitaciones presenciales y virtuales. Incluye capturas de pantalla del sistema y explicaciones sobre los procesos de uso del Sistema CRIS.
- **Videos Tutoriales**: Explicaciones en video con demostraciones paso a paso de las principales funciones del sistema. Se incluirán tutoriales sobre el acceso a la plataforma, la gestión de proyectos, el registro de financiamiento y la administración de equipos.
- **Preguntas Frecuentes (FAQ)**: Documento digital donde se recopilan las dudas más comunes de los usuarios, con respuestas claras y directas. Este recurso estará disponible en el sitio web del Sistema CRIS.
- **Portal de Soporte Técnico**: Espacio en línea donde los usuarios podrán encontrar recursos adicionales, formular consultas y recibir asistencia personalizada en caso de dudas o problemas con la plataforma.

Todos estos materiales estarán disponibles en formatos impresos y digitales para garantizar su accesibilidad a toda la comunidad académica.

9.3.7. Evaluación y Seguimiento del Plan de Divulgación

Para medir el impacto del Plan de Divulgación del Sistema CRIS, se han establecido mecanismos de seguimiento que permitirán evaluar la comprensión, adopción y uso del sistema dentro de la comunidad académica. Este proceso se llevará a cabo en distintas fases.

Fase 1: Evaluación de Capacitaciones

Después de cada sesión de capacitación, se aplicará una evaluación a los participantes con el objetivo de medir la efectividad de la formación impartida.

- Encuestas de Satisfacción: Se proporcionarán formularios a los asistentes para que califiquen la claridad de los contenidos, la utilidad de la información y la calidad de los materiales de apoyo.
- Pruebas de Comprensión: Se aplicarán pequeñas evaluaciones para medir el nivel de conocimiento adquirido sobre el uso del Sistema CRIS.
- Registro de Asistencia: Se llevará un control de los participantes en cada sesión, con el fin de identificar qué unidades académicas han recibido la capacitación y cuáles requieren refuerzos adicionales.

Fase 2: Monitoreo de Adopción del Sistema

Se realizará un seguimiento del uso del Sistema CRIS dentro de la comunidad académica, con el fin de identificar tendencias y evaluar la integración de la plataforma en la gestión de la investigación.

- Análisis de Registros en la Plataforma: Se monitoreará el número de usuarios activos, la cantidad de proyectos registrados y la frecuencia de acceso al sistema.
- Monitoreo de la Gestión de Proyectos: Se analizará cuántos proyectos han sido cargados en el sistema y cuántos han completado exitosamente su registro y actualización de datos.
- Seguimiento del Uso de Equipos de Investigación: Se verificará la cantidad de equipos registrados y la gestión de su disponibilidad dentro de la plataforma.

Fase 3: Evaluación de Soporte Técnico

Se analizará la eficiencia del servicio de asistencia técnica y la resolución de dudas de los usuarios para asegurar que los investigadores y administradores tengan el acompañamiento necesario en la adopción del sistema.

- Registro de Consultas Recibidas: Se llevará un control de las preguntas enviadas al portal de soporte técnico, identificando los problemas más frecuentes entre los usuarios.
- Tiempo de Respuesta y Resolución de Problemas: Se evaluará la rapidez y efectividad con la que el equipo de soporte atiende las consultas y resuelve los inconvenientes reportados.
- Revisión de Materiales de Capacitación: Se actualizarán los documentos de apoyo en función de las preguntas y dificultades más comunes reportadas por los usuarios.

Fase 4: Informe de Resultados y Mejora Continua

Se elaborarán reportes periódicos sobre la adopción del Sistema CRIS y la efectividad del plan de divulgación, permitiendo ajustes y mejoras en futuras capacitaciones.

- Análisis de Indicadores Clave: Se evaluarán métricas como la cantidad de proyectos registrados, la frecuencia de uso del sistema y la satisfacción de los usuarios.
- Recomendaciones para Optimización: A partir de los datos recopilados, se identificarán oportunidades para mejorar la divulgación y el uso del Sistema CRIS.
- Revisión de Estrategias de Capacitación: En caso de ser necesario, se ajustarán los métodos de formación para reforzar el aprendizaje y garantizar la correcta implementación del sistema.

El seguimiento continuo de estos indicadores permitirá mejorar el proceso de adopción del Sistema CRIS y asegurar que se convierta en una herramienta de referencia para la gestión de la investigación en la USAC.

10. Propiedad intelectual

11. Beneficiarios directos e indirectos

Tabla 11 Beneficiarios de la investigación

Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos	Resultados, productos o hallazgos
Arquitectura de software de gestión de equipación	Centros/unidades de investigación Investigadores Dirección General de Investigación	Aproximadamente 3000 personas	Comunidad universitaria	Diagrama de base de datos Scripts SQL Casos de uso Mockups iniciales
Estandarización de proyectos de financiamiento externo	Centros/unidades de investigación Investigadores Dirección General de Investigación	500	Comunidad universitaria nacional e internacional	Ficha mínima para un proyecto Determinación de estado en el que hay que cargar el proyecto Dashboard de integración de

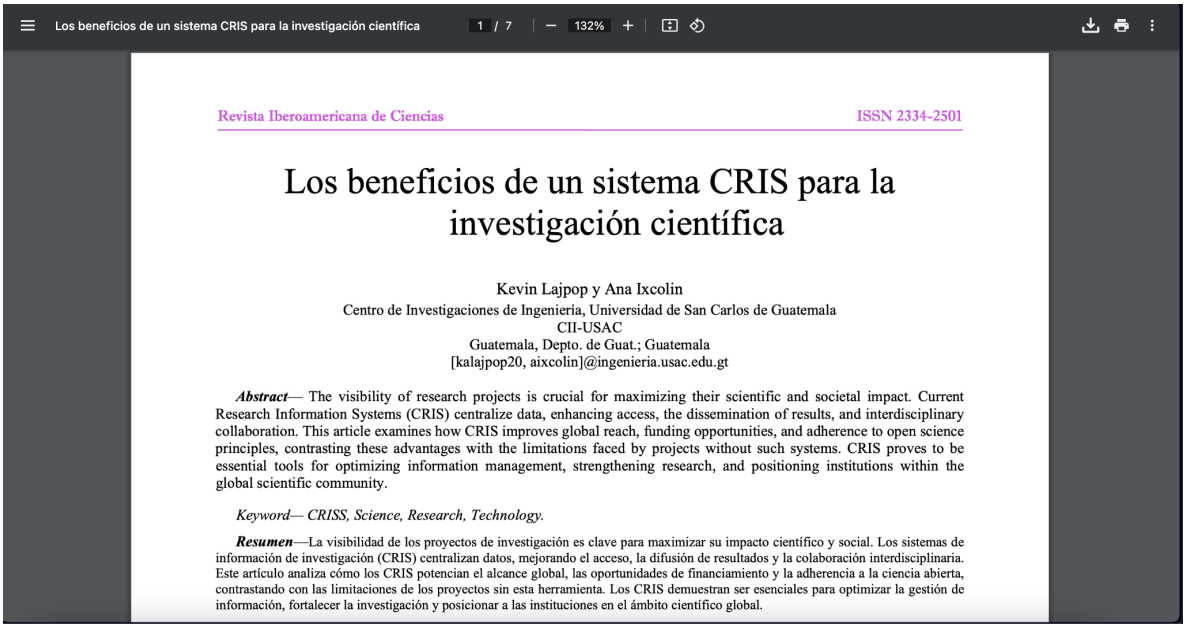
Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos	Resultados, productos o hallazgos
				investigación internacional
Calendarización de capacitaciones	Centros/unidades de investigación Investigadores Dirección General de Investigación	Aproximadamente 3000 personas	Comunidad universitaria	

12. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.

El principal medio de divulgación de los resultados de la investigación fue la publicación científica enviada a la **Revista Iberoamericana de Ciencias**. Este artículo tiene como objetivo sintetizar la experiencia obtenida a lo largo del desarrollo del estudio, resaltando la importancia de implementar un **sistema CRIS** para la gestión de la investigación científica.

En el artículo, se analizan los beneficios de un sistema CRIS en términos de organización, visibilidad y administración eficiente de los proyectos de investigación, especialmente aquellos con financiamiento externo. Además, se presentan las principales conclusiones derivadas del proceso de implementación, proporcionando un marco de referencia para otras instituciones interesadas en fortalecer sus estrategias de gestión científica a través de herramientas digitales especializadas.

Ilustración 16 Artículo científico publicado



Los beneficios de un sistema CRIS para la investigación científica 1 / 7 132%

Revista Iberoamericana de Ciencias ISSN 2334-2501

Los beneficios de un sistema CRIS para la investigación científica

Kevin Lajpop y Ana Ixcolin
Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala
CII-USAC
Guatemala, Depto. de Guat.; Guatemala
[kalajpop20, aixcolin]@ingenieria.usac.edu.gt

Abstract— The visibility of research projects is crucial for maximizing their scientific and societal impact. Current Research Information Systems (CRIS) centralize data, enhancing access, the dissemination of results, and interdisciplinary collaboration. This article examines how CRIS improves global reach, funding opportunities, and adherence to open science principles, contrasting these advantages with the limitations faced by projects without such systems. CRIS proves to be essential tools for optimizing information management, strengthening research, and positioning institutions within the global scientific community.

Keyword— CRISS, Science, Research, Technology.

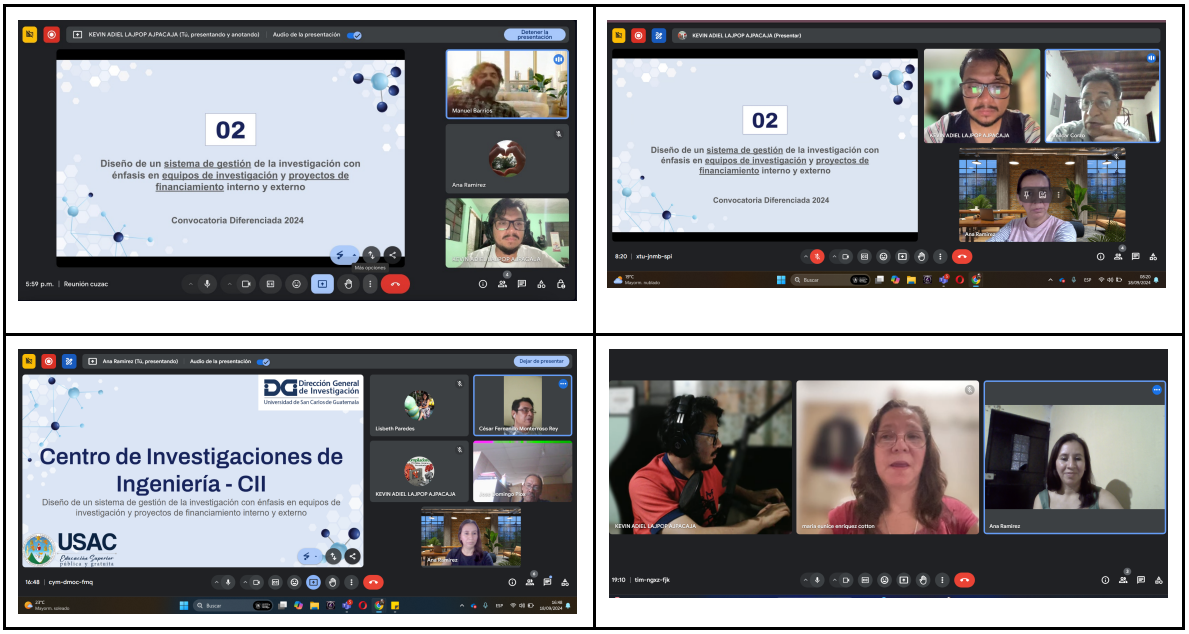
Resumen—La visibilidad de los proyectos de investigación es clave para maximizar su impacto científico y social. Los sistemas de información de investigación (CRIS) centralizan datos, mejorando el acceso, la difusión de resultados y la colaboración interdisciplinaria. Este artículo analiza cómo los CRIS potencian el alcance global, las oportunidades de financiamiento y la adherencia a la ciencia abierta, contrastando con las limitaciones de los proyectos sin esta herramienta. Los CRIS demuestran ser esenciales para optimizar la gestión de información, fortalecer la investigación y posicionar a las instituciones en el ámbito científico global.

Asimismo, se llevaron a cabo diversas reuniones con actores clave de la investigación (consultar la sección de vinculación), las cuales tuvieron dos propósitos fundamentales.

El primer objetivo fue realizar una toma de requerimientos basada en las experiencias y metodologías utilizadas para la gestión de proyectos de investigación con financiamiento externo. Durante estas reuniones, se recopiló información valiosa sobre las prácticas actuales en la administración de fondos, los desafíos que enfrentan los investigadores y las oportunidades de mejora en los procesos existentes. Además, se abordó la gestión de la equipación científica utilizada en las investigaciones, con el fin de establecer mecanismos más eficientes para su control, mantenimiento y optimización.

El segundo propósito de estos encuentros fue la **divulgación de la investigación**, aprovechando estos espacios para comunicar la importancia de implementar herramientas digitales especializadas. Se enfatizó la necesidad de preparar a toda la comunidad investigadora para la correcta utilización de los sistemas implementados, promoviendo una transición fluida hacia su adopción en las actividades diarias. Para ello, se discutieron estrategias que faciliten la integración de estas herramientas en la rutina de trabajo de los investigadores, asegurando que su uso no representa una carga adicional, sino una optimización en la gestión de los proyectos y sus recursos.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024



Por último, se llevó a cabo una reunión de **divulgación internacional** con representantes de los **semilleros de investigación** de la **Universidad Antonio José Camacho** de Cali, Colombia. Durante este encuentro, se presentaron los avances alcanzados por la **Universidad de San Carlos de Guatemala** en la implementación de sistemas **CRIS** para la gestión de la investigación.

Esta reunión resultó altamente productiva, ya que permitió el intercambio de conocimientos y experiencias sobre la administración de proyectos de investigación en ambas instituciones. Además, se discutieron los desafíos y oportunidades que conlleva la digitalización de los procesos de gestión científica, destacando la importancia de los sistemas de información en la optimización del trabajo académico.

Como resultado del encuentro, se dejó abierta la posibilidad de futuras **colaboraciones en investigación**, tanto a nivel **técnico** (en términos de implementación y desarrollo de plataformas digitales) como a nivel **metodológico** (compartiendo estrategias y buenas prácticas en la gestión de proyectos con financiamiento externo). Esta vinculación internacional representa un paso importante para fortalecer el ecosistema de investigación de ambas universidades y fomentar el desarrollo de iniciativas conjuntas en el futuro.

Ilustración 17 Universidad José Antonio Camacho

Por último, también se llevaron a cabo reuniones para la **presentación de resultados** y su correspondiente **alineación con la Dirección General de Investigación (DIGI)**. Estas reuniones tuvieron como propósito principal asegurar que los avances obtenidos en la investigación estuvieran en concordancia con los enfoques estratégicos de la DIGI, garantizando así una implementación coherente y alineada con los objetivos institucionales.

Durante estas sesiones, se revisaron los principales hallazgos y se discutieron los ajustes necesarios para la correcta estructuración de la **arquitectura del sistema**. Asimismo, se definieron los **entregables clave**, estableciendo lineamientos para su desarrollo y asegurando que cumplieran con los estándares y requerimientos técnicos establecidos.

Este proceso de alineación permitió no solo optimizar la planificación y ejecución del proyecto, sino también fortalecer la integración del sistema dentro del ecosistema de gestión de la investigación de la universidad, asegurando su sostenibilidad y efectividad a largo plazo.

Ilustración 18 Reunión con DIGI

Tabla 12 Divulgación realizada

	Sí	No
Presentación TV		x
Entrevistas radiales		x
Podcast		x
Entrevista DIGI		x
Recursos audiovisuales		x
Congresos científicos nacionales o internacionales		x
Talleres		x
Publicación de libro		x
Publicación de artículo científico	x	
Divulgación por redes sociales institucionales		x
Presentación pública		x
Presentación autoridades USAC		x

	Sí	No
Presentación a beneficiarios directos	x	
Entrega de resultados	x	
Docencia en grado		x
Docencia postgrado		x
Póster científico		x
Trifoliares		x
Conferencias		x
Otro (describa)		

13. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)

La implementación del módulo de consulta de equipos para la USAC representa un avance significativo en la gestión de los recursos tecnológicos de la universidad, alineándose con múltiples Prioridades Nacionales de Desarrollo de Guatemala. Este sistema no solo optimiza el uso de los equipos adquiridos en proyectos de investigación, sino que también fortalece la eficiencia en la administración institucional, fomenta el acceso equitativo a la tecnología y promueve la transparencia en la gestión de recursos científicos.

A continuación, se detallan las principales formas en que esta iniciativa contribuye a los ejes estratégicos de desarrollo del país:

- Aporte al Crecimiento Económico y Empleo Digno (Riqueza para Todos)

El desarrollo de este sistema fortalece la infraestructura de investigación en la USAC, facilitando el acceso a equipos especializados para los investigadores y fomentando el desarrollo de proyectos con impacto en sectores estratégicos de la economía guatemalteca. Al mejorar la administración de estos recursos, se promueve una utilización más eficiente de la inversión en ciencia y tecnología, lo que a su vez impulsa la generación de conocimiento y la innovación.

Además, la digitalización de la gestión de equipos promueve la adopción de **habilidades tecnológicas avanzadas**, lo que beneficia a estudiantes e investigadores al mejorar su competitividad en el mercado laboral. Este enfoque es crucial en la formación de capital

humano capacitado para responder a los desafíos de un mercado globalizado y altamente tecnológico.

- Fortalecimiento del Bienestar y Desarrollo Social (Bienestar para la Gente)

El acceso equitativo a recursos tecnológicos es un elemento clave para garantizar la calidad de la educación superior y la investigación en Guatemala. A través de este sistema, se facilita el acceso a equipamiento científico en todas las unidades académicas de la USAC, asegurando que los proyectos de investigación no se vean limitados por la disponibilidad de herramientas.

Asimismo, el sistema promueve la eficiencia en el uso de recursos destinados a la investigación en áreas fundamentales como la salud, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible, apoyando investigaciones que buscan mejorar la calidad de vida de la población guatemalteca. La correcta gestión de los equipos de investigación contribuye a garantizar que las investigaciones en salud pública, biotecnología y ciencias ambientales cuenten con los recursos necesarios para su ejecución, favoreciendo la generación de soluciones a problemáticas nacionales.

- Promoción de la Sostenibilidad Ambiental (Naturalmente Sostenible)

La implementación de un sistema digital para la gestión de equipos reduce la necesidad de documentación física y promueve procesos más eficientes en la administración de recursos. Esto contribuye a la reducción del uso de papel y otros insumos tradicionales en los procesos administrativos, alineándose con los principios de sostenibilidad y optimización de recursos promovidos en la agenda de desarrollo del país.

Además, al mejorar la trazabilidad y el control de los equipos de investigación, se fomenta el uso eficiente de los recursos tecnológicos, evitando la duplicación innecesaria de adquisiciones y promoviendo una gestión responsable del equipamiento científico. Esto es particularmente importante en laboratorios y centros de investigación que requieren de insumos especializados con altos costos económicos y ambientales.

- Reducción de Desigualdades y Descentralización de Oportunidades (Oportunidades y Prosperidad para Todos)

Uno de los impactos más significativos de este sistema es la descentralización del acceso a equipamiento de investigación en toda la universidad. A través de un sistema digitalizado y accesible, se permite que todas las unidades académicas de la USAC puedan consultar y gestionar los recursos disponibles, reduciendo la brecha de acceso a tecnología entre diferentes sedes y facultades.

Este aspecto es clave para fortalecer la inclusión y equidad en la educación superior, asegurando que los estudiantes e investigadores en áreas fuera de la capital también tengan acceso a herramientas científicas de calidad. Esta estrategia se alinea con la necesidad de fortalecer la investigación en todas las regiones del país, promoviendo el desarrollo local a través de proyectos de innovación.

- Modernización del Estado y Transparencia en la Gestión de Recursos (Estado Responsable, Transparente y Efectivo)

La implementación de un sistema CRIS para la USAC contribuye directamente a la modernización de la administración de recursos en la universidad, promoviendo la eficiencia y la transparencia en la gestión de equipos adquiridos mediante financiamiento externo.

Este sistema permite un registro detallado de cada equipo, su ubicación, estado y responsables, facilitando auditorías y asegurando el uso adecuado de los recursos públicos y privados destinados a la investigación. La automatización de estos procesos reduce la posibilidad de errores administrativos, mejora la planificación en la adquisición de equipos y optimiza la asignación de recursos.

Además, al proporcionar acceso público a la información sobre los equipos disponibles, el sistema promueve la rendición de cuentas y la transparencia en el manejo de fondos de investigación, alineándose con los principios de gobernanza abierta promovidos en las políticas de desarrollo del país.

14. Contribución al desarrollo de iniciativas de ley

15. Vinculación

En cada reunión celebrada con los distintos centros de investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), se promovieron los avances alcanzados en la construcción del *Current Research Information System* (CRIS) para la universidad. Estas reuniones no solo permitieron la difusión del progreso en el desarrollo del sistema, sino que también sirvieron como espacios clave para concienciar a la comunidad académica sobre los beneficios que el CRIS aportará a la investigación y a su gestión administrativa.

Uno de los objetivos principales fue destacar cómo la implementación de este sistema facilitará la organización, el acceso y la visibilidad de los proyectos de investigación, permitiendo a los investigadores optimizar la gestión de sus recursos y mejorar su impacto científico. Además, se resaltó la importancia de integrar el CRIS con otros sistemas de información para fortalecer la interoperabilidad entre las distintas plataformas utilizadas en la universidad.

Durante las sesiones de trabajo, también se hizo énfasis en la necesidad de capacitar a los investigadores en el uso de herramientas tecnológicas digitales que actualmente son fundamentales para la divulgación y posicionamiento de sus trabajos científicos. Entre estas herramientas se incluyen Google Scholar, ResearchGate y ORCID, las cuales permiten mejorar la visibilidad de los investigadores en el ámbito académico, facilitar el acceso a redes de colaboración científica y asegurar la correcta atribución de sus publicaciones. Se dejó abierta la posibilidad de realizar futuras capacitaciones enfocadas en el uso eficiente de estos sistemas, asegurando que los investigadores cuenten con los conocimientos y habilidades necesarios para aprovechar al máximo su potencial.

Como parte del proceso de socialización del CRIS y el fortalecimiento de la cultura de gestión de la investigación dentro de la USAC, se establecieron vínculos y colaboraciones con diversas facultades y centros universitarios. Entre las instituciones que participaron activamente en estas reuniones se encuentran:

- Facultades:
  - Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
  - Facultad de Ciencias Económicas
  - Facultad de Medicina
  - Facultad de Ingeniería
- Centros Universitarios Regionales:
  - Centro Universitario del Norte
  - Centro Universitario del Occidente
  - Centro Universitario de Totonicapán
  - Centro Universitario de Nor-Occidente
  - Centro Universitario de Izabal
  - Centro Universitario de Sololá
  - Centro Universitario de San Marcos
  - Centro Universitario de Petén
- Centros de Investigación Específicos:
  - Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA)

Cada una de estas instituciones desempeña un papel clave en la investigación universitaria y se espera que la implementación del CRIS contribuya significativamente a la organización, gestión y visibilidad de los proyectos científicos desarrollados en sus respectivas áreas.

Además de las reuniones con los centros de investigación de la USAC, se llevó a cabo un encuentro especial con la Universidad Antonio José Camacho de Cali, Colombia. El propósito de esta reunión fue conocer su modelo de gestión de la investigación y analizar estrategias que pudieran ser adaptadas o integradas en la implementación del CRIS en la USAC.

Durante la sesión, se discutieron aspectos clave sobre la administración de proyectos de investigación, con especial énfasis en aquellos que cuentan con financiamiento externo. Se revisaron buenas prácticas en la estructuración, monitoreo y evaluación de proyectos, así como estrategias para la captación y optimización de recursos.

El intercambio de experiencias permitió identificar oportunidades de mejora y posibles sinergias entre ambas instituciones, con el fin de fortalecer el ecosistema de investigación de la USAC. También se consideró la posibilidad de establecer futuras colaboraciones en programas de capacitación e investigación conjunta, promoviendo así un enfoque más global y sostenible en la gestión de la ciencia y la tecnología dentro de la universidad.

En conclusión, las reuniones sostenidas con los centros de investigación de la USAC y la colaboración con la Universidad Antonio José Camacho representan un avance significativo en la consolidación del CRIS y en la promoción de una cultura de investigación más estructurada y eficiente. La integración de herramientas digitales y la capacitación continua de los investigadores serán factores clave para maximizar el impacto de la investigación universitaria y fortalecer su visibilidad a nivel nacional e internacional.

16. Conclusiones

1. La ficha digital para el registro y control de la equipación científica debe cumplir con las necesidades actuales de los investigadores. Por ello, es esencial que cualquier nueva funcionalidad agregada a los módulos diseñados e implementados anteriormente siga la misma metodología de desarrollo. Para lograrlo, se debe mantener una comunicación directa con los *stakeholders*, lo que permitirá obtener una retroalimentación efectiva y garantizar la implementación de mejoras que optimicen la gestión y utilización de los recursos.
2. Todo elemento que forme parte de un proyecto de investigación debe contar con un proceso claro de gestión dentro del sistema. Esto no solo se aplica a la administración del equipo humano, sino también a la infraestructura y recursos tecnológicos utilizados en la investigación. Es importante que cada equipación adquirida cuente con un procedimiento bien definido que garantice su adecuado uso tanto durante la ejecución del proyecto como en su reutilización en investigaciones futuras. La implementación de un sistema de trazabilidad fortalece la administración de los recursos, facilita auditorías y mejora la eficiencia operativa.
3. La universidad no solo desarrolla investigación con fondos locales, sino que también accede a financiamiento externo, incluyendo recursos provenientes de organismos internacionales. Estas investigaciones contribuyen significativamente a los indicadores de producción científica institucional. Para mejorar su visibilidad y asegurar su adecuado seguimiento, es necesario definir en qué momentos debe

registrarse un proyecto en un sistema de gestión de la investigación, como un *Current Research Information System* (CRIS). Se concluye que esta carga debe realizarse en tres etapas clave:

- **Aprobación del financiamiento:** El registro temprano permite una planificación adecuada y facilita la asignación de recursos.
- **Ejecución del proyecto:** La actualización periódica del estado del proyecto permite monitorear avances, identificar desafíos y realizar ajustes oportunos.
- **Finalización del proyecto:** Se deben documentar los resultados obtenidos, publicaciones derivadas y otros impactos relevantes para evaluar el éxito del proyecto y su contribución a la producción científica.

4. En el contexto de la transformación digital de la Dirección General de Investigación, se requiere una estrategia de capacitación para los futuros usuarios del sistema. La adopción de herramientas digitales en la gestión de la investigación demanda que los investigadores y administradores cuenten con la formación necesaria para utilizar eficientemente el sistema. Para ello, la capacitación debe diseñarse con un enfoque segmentado, teniendo en cuenta los distintos niveles de conocimiento tecnológico, las áreas de especialización y la distribución territorial de la universidad. La implementación de programas de formación adaptados a estas variables garantizará una transición efectiva y maximizará el impacto positivo de la digitalización en la gestión de la investigación.

17. Recomendaciones

1. Para garantizar el diseño de un sistema eficiente que gestione la investigación, se recomienda llevar a cabo un proceso estructurado de recolección de requerimientos. Este proceso debe incluir la participación de stakeholders clave, como investigadores, gestores de proyectos y administradores, con el objetivo de visualizar los diferentes escenarios de uso y asegurar que el sistema pueda cubrir de manera integral las necesidades reales de la comunidad académica.

   La toma de requerimientos debe contemplar factores esenciales, tales como la estructura de los proyectos de investigación, los procesos de financiamiento, la interoperabilidad con otras plataformas y la facilidad de uso para los investigadores. Incluir estos elementos en la etapa de diseño permitirá anticipar desafíos, evitar posibles limitaciones técnicas y mejorar la eficiencia en la implementación del sistema.

   Se recomienda que este proceso de toma de requerimientos sea documentado de manera sistemática, asegurando que las decisiones tomadas durante el desarrollo del sistema se basen en datos reales y necesidades concretas de los usuarios finales. Un

análisis detallado en esta fase contribuirá a la construcción de un sistema más sólido, reduciendo la necesidad de modificaciones futuras y garantizando que la plataforma sea escalable y adaptable a cambios institucionales y tecnológicos.

2. Se recomienda que los proyectos considerados para su gestión en el sistema sean únicamente aquellos que cuenten con financiamiento externo a la Dirección General de Investigación (DIGI). Es decir, proyectos que han obtenido fondos externos destinados específicamente a la investigación.

   Esto excluye actividades como **tesis, congresos, seminarios y otras iniciativas** que no cumplan con los criterios mínimos de un proyecto de investigación financiado. La finalidad de esta restricción es mantener la integridad del sistema, asegurando que se utilice únicamente para la administración de proyectos que realmente requieran un seguimiento estructurado y cumplan con los estándares establecidos.

   Además, se recomienda que el registro de los proyectos se realice solo en tres estados clave:

   - **Aprobado:** Cuando el financiamiento ha sido oficialmente otorgado.
   - **En ejecución:** Durante la fase de desarrollo del proyecto.
   - **Finalizado:** Una vez que el proyecto ha concluido y se han documentado sus resultados.

   No se considera necesario registrar otras fases intermedias, ya que esto podría generar una carga administrativa innecesaria sin aportar un valor significativo en la gestión de proyectos con financiamiento externo.

3. Es fundamental que cualquier proceso de sistematización en la gestión de la investigación esté completamente digitalizado desde su inicio. No se recomienda combinar herramientas digitales con mecanismos tradicionales en papel o procesos manuales, ya que esto limita la eficiencia y dificulta el acceso a la información en tiempo real.

   La digitalización no solo optimiza la administración de los proyectos, sino que también mejora la trazabilidad, reduce la posibilidad de errores y facilita la generación de reportes automatizados. La implementación de herramientas tecnológicas adecuadas permitirá que los investigadores y administradores trabajen de manera más ágil y organizada, asegurando que el sistema se convierta en un recurso estratégico para la universidad.

4. Se recomienda que el sistema CRIS y sus módulos correspondientes sean utilizados exclusivamente para la gestión de proyectos con financiamiento externo a DIGI. No debe ser empleado como un repositorio general en el que puedan registrarse cualquier tipo de actividad académica o administrativa.

   Limitar el uso del sistema CRIS a proyectos financiados garantiza que la información almacenada sea relevante, organizada y de alto valor para la gestión institucional. Además, permite mantener un control más riguroso sobre los proyectos y facilita la generación de indicadores clave sobre la producción científica de la universidad.

   Para evitar el uso inadecuado del sistema, se sugiere implementar controles de acceso y validación de datos, asegurando que solo los proyectos que cumplan con los requisitos establecidos sean registrados y gestionados en la plataforma.

5. Dado que el sistema puede no ser utilizado con alta frecuencia por todos los investigadores, se recomienda implementar un programa de capacitación continua para los usuarios. Esto asegurará que, incluso si no emplean el sistema a diario, cuenten con el conocimiento necesario para su uso cuando lo requieran.

   La capacitación debe realizarse de manera periódica y en distintos formatos, incluyendo sesiones presenciales, talleres virtuales y manuales interactivos. Además, se sugiere la creación de tutoriales en video y una sección de preguntas frecuentes dentro del sistema para que los usuarios puedan resolver dudas de manera autónoma.

   Un programa de capacitación bien estructurado contribuirá a que el sistema CRIS sea adoptado de manera efectiva y se convierta en una herramienta de referencia para la gestión de la investigación dentro de la universidad.

Referencias

Beigel, M. F. (2022). El proyecto de ciencia abierta en un mundo desigual.

Biesenbender, S., Petersohn, S., & Thiedig, C. (2019). Using Current Research Information Systems (CRIS) to showcase national and institutional research (potential): research information systems in the context of Open Science. *Procedia Computer Science*, *146*, 142-155.

De Castro, P. (2022, March). Roles and competencies of CRIS managers. In *Medical Library Forum*.

Sivertsen, G. (2019). Developing Current Research Information Systems (CRIS) as data sources for studies of research. *Springer handbook of science and technology indicators*, 667-683.

Heredia, A. (2022). A tradition of open, academy-owned, and non-profit research infrastructure in Latin America. *Information Services and Use*, *42*(3-4), 447-452.

Jörg, B. (2010). CERIF: The common European research information format model. *Data Science Journal*, *9*, CRIS24-CRIS31.

Kaliuzhna, N., & Auhunas, S. (2022). Research Information Infrastructure in Ukraine: first steps towards building a national CRIS. *Procedia Computer Science*, *211*, 230-237.

Kremenjaš, D., Udovičić, P., & Orel, O. (2020). Adapting CERIF for a national CRIS: A case study, 43rd Int. Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), Opatija, Croatia, 2020.

Kumar, S. N., & Sunil, M. V. (2021). Open-Source RIMS for Institute Publication Archiving and Management. *RECENT ADVANCEMENT IN VARIED FIELDS*, 153.

Lajpop, K., Ramirez, A. E. I., & Alvarez, R. O. O. (2024). Arquitectura de software de un sistema de información de la investigación actual (CRIS) para la Universidad de San Carlos de Guatemala. *Revista Científica del Sistema de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala*, *7*(1), 15-25.

Lajpop, K., & Ixcolin, A. (2024). *Los beneficios de un sistema CRIS para la investigación científica*. Revista Iberoamericana de Ciencias, 11(3), 223-228. https://www.reibci.org

Melgar, A., Brossard, I., & Olivares, C. (2019). Current status of research information management in Peru. *Procedia computer science*, *146*, 220-229.

Nikkanen, J., & Puuska, H. M. (2022). Researchers' profiles in the Finnish Research Information Hub. *Procedia Computer Science*, *211*, 206-210.

Schöpfel, J., Azeroual, O., & Jungbauer-Gans, M. (2020). Research ethics, open science and CRIS. *Publications*, *8*(4), 51.

Schöpfel, J., & Azeroual, O. (2021). Current research information systems and institutional repositories: From data ingestion to convergence and merger. In *Future directions in digital information* (pp. 19-37). Chandos Publishing.

Sivertsen, G. (2019). Developing Current Research Information Systems (CRIS) as data sources for studies of research. *Springer handbook of science and technology indicators*, 667-683.

Vázquez, R. (2022). Development and characterisation of CRIS systems in Latin America: Preliminary results of diagnostic survey. *Procedia Computer Science*, 211, 267- 276.

Apéndice

- Encuesta #1

- ¿A cuál de las siguientes áreas de investigación pertenece?
- ¿Cómo califica el impacto del uso de equipo especializado en la calidad de sus investigaciones?
- ¿Ha recibido capacitación para utilizar equipo especializado?
- ¿Le gustaría recibir capacitación para utilizar equipo especializados?
- ¿Le gustaría colaborar con otras unidades de investigación o investigadores que puedan ofrecerle acceso a un equipo especializado?
- ¿Está al tanto de las oportunidades de financiamiento para adquirir equipo especializado?
- ¿Cree que los resultados de la investigación son más detallados o precisos con equipo especializado?
- ¿Utiliza algún tipo de equipo especializado para sus investigaciones?
- ¿Qué tipo de equipo ha utilizado en sus investigaciones? (Seleccione todas las opciones que apliquen)
- ¿A qué categoría pertenece el equipo que utiliza en sus investigaciones?
- ¿Con qué frecuencia utiliza este equipo en sus investigaciones?
- ¿El equipo que utiliza pertenece a alguna de las siguientes categorías?
- ¿Cuál es el estado de funcionamiento del equipo que utiliza?
- ¿Este equipo se comparte con otros investigadores?
- ¿Ha enfrentado dificultades para acceder al equipo necesario para su investigación?
- ¿Considera que el equipo con el que cuenta es suficiente para realizar sus investigaciones de manera eficiente?
- ¿En qué área de investigación se especializa?

- ¿El equipo utilizado está registrado en el sistema de inventario de su unidad de investigación?
- ¿Considera que el equipo con el que cuenta es adecuado para cumplir con los objetivos de su investigación en términos de innovación científica o tecnológica?
- ¿Qué tipo de mejoras considera necesarias para facilitar el acceso, uso o actualización del equipo de investigación científica, tecnológica o de innovación en su unidad de investigación?
- ¿Está de acuerdo en registrar su equipo en el sistema CRIS de la DIGI para su correcta gestión y acceso compartido?
- ¿Conoce el procedimiento para registrar o ingresar equipo de investigación al inventario de la USAC?
- ¿Cuál es la principal razón por la que no utiliza equipo especializado en tus investigaciones?
- ¿Ha considerado utilizar equipo especializado en el futuro?
- ¿Qué herramientas o métodos alternativos utilizan actualmente en lugar de equipo especializado?
- Si no utiliza equipo especializado, ¿Cómo asegura la precisión y confiabilidad de sus resultados?
- ¿Cuánto impacta la falta de equipo especializado en el tiempo que tarda en completar su investigaciones?
- ¿Le gustaría colaborar con otras unidades de investigación o investigadores que puedan ofrecerte acceso a un equipo especializado?
- ¿Qué limitaciones percibes en tu investigación debido a la falta de equipo especializado?
- ¿Cómo evalúas tu interés en aprender a utilizar equipo especializado?

- ¿Qué tipo de equipo considera necesario en sus investigaciones? (Seleccione todas las opciones que apliquen)

- Encuesta #2

- ¿Cuántos años tiene de experiencia en el campo de la investigación?

- ¿Cuáles de los siguientes productos de investigación ha generado en su trayectoria académica?

- ¿Cuáles de los siguientes identificadores posee para gestionar su perfil de investigador?

- ¿Conoce sobre el Sistema de Información de Investigación que se está implementando en la Universidad de San Carlos de Guatemala (CRIS-USAC)?, que servirá para gestionar y visibilizar la investigación

- ¿Cómo califica la implementación del sistema Sistema de Información de Investigación en la Universidad de San Carlos de Guatemala (CRIS-USAC)?

- ¿Está dispuesto a contribuir a la implementación y alimentación del sistema que realiza en la Universidad de San Carlos de Guatemala (CRIS-USAC)? que visibilice la investigación realizada (interna y externa)

- ¿Qué programas de capacitación y formación continua considera prioritarios para mejorar la calidad de la investigación en la Dirección General de Investigación (DIGI)?

- ¿Qué dificultades ha encontrado en la obtención de financiamiento para sus proyectos de investigación?

- ¿Considera que las políticas públicas actuales promueven la investigación científica con entes nacionales e internacionales?

- En su opinión ¿Considera que existen suficientes incentivos para los investigadores en Guatemala?

- ¿Qué tipo de incentivos podrían motivar a más investigadores a desarrollar proyectos innovadores en Guatemala?

- ¿Cómo calificaría el acceso a laboratorios, bibliotecas, centros y equipos de investigación?
- ¿Tiene acceso a herramientas de software específicas para el análisis de datos o gestión de proyectos de investigación?
- ¿Cuáles son los principales obstáculos que enfrenta en su proceso de investigación?
- A su criterio, ¿Cuál es el grado de colaboración entre las unidades de investigación y gestión (DIGI, centros de investigación, facultades, administración, entre otros)?
- ¿Tiene oportunidades para colaborar con otras instituciones o investigadores en proyectos conjuntos? (Nacionales/Internacionales)
- ¿Cuál es el mayor desafío al que se enfrenta al solicitar financiamiento para investigación?
- ¿Qué mecanismos cree que deberían implementarse para fomentar la colaboración entre investigadores nacionales e internacionales?
- ¿A cuál de las siguientes áreas de investigación pertenece?

Declaración del coordinador (a) del proyecto de investigación

El coordinador (a) de proyecto de investigación con base en el Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación, artículos 13 y 20, dejo constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordino ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

Kevin Adiel Lajpop Ajpacajá	**Firma**
Fecha: 31/01/2025	

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Aval del director (a) del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación otorgo el aval al presente informe final de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: director del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales **Directora**	**Firma**
Fecha: 31/01/2025	

Aprobación de la Dirección General de Investigación

Vo.Bo. M.Sc. Inga. Andrea Eunice Rodas Moran	**Firma**
Fecha: 31/01/2025	
	Firma
Fecha: 31/01/2025	

/Digi2024