



Plataforma web para la gestión de proyectos para contrataciones de bienes y servicios TIC

Web platform for project management for the procurement of ICT goods and services

Gabriela Cota Siqueiros

Universidad Autónoma de Baja California, México

cota.gabriela@uabc.edu.mx

ORCID: 0009-0007-1443-0094

Evelio Martínez Martínez

Universidad Autónoma de Baja California, México

evelio@uabc.edu.mx

José Eleno Lozano Rizk

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México

jlozano@cicese.edu.mx

ORCID: 0000-0002-6154-5712

doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.12.26.012>

Recibido: Octubre 11, 2024

Aceptado: Diciembre 11, 2024

Resumen: El presente trabajo se desarrolla en un Centro de Investigación público de México, el cual se encuentra sujeto a las políticas y normativas del Gobierno Federal. En particular, las regulaciones que refieren al proceso de gestión de proyectos para contrataciones de bienes y servicios TIC. La Unidad de Tecnologías de la Información (UTIC) del Centro de Investigación, estableció un proceso manual para recopilar y centralizar información sobre los proyectos para contrataciones TIC a nivel institucional, que anteriormente no se realizaba. Este proceso demostró ser complicado e ineficiente y ha generado una sobrecarga de trabajo, especialmente en las jefaturas de la UTIC. Además, han surgido otros problemas como la pérdida, duplicidad y dispersión de información que imposibilita a la UTIC tomar decisiones en tiempo real. Para dar solución a lo anterior, el objetivo de este trabajo es implementar una plataforma web que facilite, agilice y apoye la gestión de proyectos para la contratación de bienes y servicios TIC y que incluya un tablero de indicadores para monitorizar el estatus de los proyectos, el presupuesto y las contrataciones realizadas que permita la toma de decisiones en materia de TIC a corto y mediano plazo. Para la implementación primeramente se realizó una revisión sistemática de literatura utilizando la metodología Prisma para establecer el estado del arte y para el desarrollo se utilizó la metodología *Extreme Programming* (XP, por sus siglas en inglés). Como resultado se obtuvo un prototipo de la plataforma web propuesta.

Palabras claves: Sistema de Información, Sistemas Web, Gestión de Proyectos, Inventarios, Sector Público.

Abstract: This work is carried out in a public Research Center in Mexico, which is subject to the Government's policies and regulations. In particular, the regulations that refer to the project management process for contracting ICT goods and services. The Information Technology Unit (UTIC) of the Research Center established a manual process to collect and centralize information on projects for ICT contracting at the institutional level, which was not previously carried out. This process proved to be complicated, inefficient and it has generated an overload of work, especially in the UTIC headquarters. In addition, other problems have arisen, such as the loss, duplication, and dispersion of information that makes it impossible for the UTIC to make decisions in real-time. To solve the above, the objective of this work is to implement a Web platform that facilitates, streamlines, and support project management for the contracting of ICT goods and services and that includes an indicator board to monitor the status of the projects, the budget and the contracts made that allow decision-making regarding ICT in the short and medium term. For implementation, a systematic literature review was first conducted using the Prisma methodology to establish the state of the art, and the Extreme Programming (XP) methodology was used for development. The result was a prototype of the proposed web platform.

Keywords: *Information System, Web System, Project Management, Inventory, Public Sector.*

1. Introducción

El Gobierno de México desde 2001 estableció su compromiso en la adopción generalizada de las TIC en el país [1]. A través del tiempo ha implementado diferentes estrategias digitales con fin de intensificar el uso de las TIC de forma transversal en México, especialmente en las entidades federales del país, con el propósito de aumentar la eficiencia y eficacia de la gestión pública, mejorar los servicios ofrecidos a los ciudadanos y dar transparencia a las acciones de gobierno.

El Centro de investigación en donde se lleva a cabo el presente proyecto, es un centro público que requiere dar cumplimiento a las políticas y normativas que emite el Gobierno en materia de TIC. En particular, la normatividad que refiere al proceso de gestión de proyectos y contrataciones de bienes y servicios TIC, emitidas el 6 de septiembre de 2021 [2] y en la cuales nos centraremos en este trabajo.

La unidad responsable de las TIC en este Centro de Investigación implementó a inicios de 2022 un proceso manual para recabar y concentrar la información de todos los proyectos y contrataciones de bienes y servicios, y conformar el portafolio de proyectos TIC institucionales a lo largo del año para su autorización y seguimiento. No obstante, al tratarse de un proceso manual, se ha evidenciado que resulta complicado e ineficiente, llegando incluso a comprometer la gestión de los departamentos de la UTIC. La falta de automatización ha generado dificultades significativas que afectan la eficiencia y el rendimiento del proceso y esto ha impactado a la carga de trabajo de dichos departamentos. Es necesario abordar esta problemática para mejorar la eficiencia y optimizar los recursos en la gestión de la UTIC.

El objetivo principal de este trabajo se centra en implementar una plataforma Web, que eficiente y agilice el proceso actual. Deberá facilitar la gestión y registro de proyectos de contrataciones de bienes y servicios TIC y concentrar toda la información en un solo repositorio de datos y documentos. De tal forma, que sea posible la generación de información e indicadores en tiempo real que apoyen en la toma de decisiones con respecto de las TIC del Centro de Investigación.

2. Estado del arte

2.1. Marco teórico

En esta sección se abordarán algunas definiciones y conceptos importantes sobre el desarrollo de sistemas para la gestión de proyectos TIC dentro del sector público. Además, se mencionarán algunas normativas esenciales que el Gobierno de México ha decretado para el uso, control, monitoreo y aprovechamiento eficaz de las tecnologías de la información dentro de las dependencias gubernamentales.

Cuando hablamos de tecnologías de la información y comunicación se refiere al equipo de cómputo, software, dispositivos de impresión, infraestructura y servicios que son utilizados para almacenar, procesar, convertir, proteger, transferir y recuperar información, datos, voz, imágenes y video [2].

Las plataformas digitales se pueden definir como el software y la tecnología que se utilizan para unificar y optimizar las operaciones de negocio y los sistemas de tecnologías de la Información (TI), uno de sus principales beneficios es la estandarización de procesos de negocio, haciendo los flujos de trabajo más eficientes y transparentes, para que las empresas puedan gestionar mejor sus funciones internas [3]. Los proyectos TIC son definidos por el Gobierno de Federal, como:

“El que requieren un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado de TIC, que puede o no requerir la contratación de bienes y servicios en materia de TIC para su ejecución y cuya implementación contribuye significativamente al logro de los objetivos estratégicos y metas de la institución” [2].

La planeación de TIC especifica que todos los proyectos TIC que las instituciones pretendan ejecutar a través de prácticas de desarrollo, implementación propia o a través de contrataciones, deben apegarse a un proceso de planeación estratégica, alineado a las disposiciones del Plan Nacional de Desarrollo y programas que de él derivan; tales como: El proceso de planeación de TIC se formaliza con la integración y registro del Portafolio de Proyectos de Tecnologías de la Información y Comunicación (POTIC). El POTIC deberá incluir los proyectos que se desarrollen con recursos técnicos y humanos con que cuente la Institución, así como aquellos que requieran ser contratados [2].

2.2. Revisión sistemática de literatura

Para este trabajo se realizó una revisión sistemática de la literatura, utilizando la metodología Prisma [4], ya que su enfoque es guiar en el proceso de selección de la literatura y generar los resultados de la revisión sistemática. El primer paso fue determinar el alcance de la búsqueda a partir de la formulación de las siguientes preguntas: ¿Qué sistemas para la gestión TIC existen hoy en día en el sector público o privado?, ¿Qué características tienen estos sistemas?, ¿Qué métodos y técnicas se han utilizado para su desarrollo? y ¿Qué metodologías se han utilizado para la evaluación de la implementación? Con base en las preguntas anteriores se estructuró una cadena de búsqueda que se empleó en bases de datos de investigación académica (IEEE Explorer, ACM y Springer).

El diagrama PRISMA refleja el flujo de la información a través de las diferentes fases de la revisión sistemática, mapeando el número de registros identificados, incluidos y extraídos, así como las razones de su exclusión. En la Figura 1, se presentan los resultados de la revisión sistemática haciendo uso del diagrama de flujo PRISMA.

Al inicio de la búsqueda se obtuvieron un total de 236 artículos viables, que se fueron eliminando a través de los filtros que se pueden apreciar en el diagrama PRISMA, quedando al final un total de 25 artículos en total a los cuales se les dio lectura completa.

Analizando los tipos de desarrollos realizados en los artículos seleccionados se observa que solo el 26% corresponde al desarrollo sistemas para la gestión de proyectos gubernamentales [5], [6] y el resto son sistemas que resuelven problemáticas de gestión de inventarios que atienden problemas de procesos ineficientes, desorganización, pérdida o duplicidad de información, falta de reportes que apoyen la toma de decisiones, entre otros. En [6] se presenta el desarrollo de un sistema para la administración de proyectos de investigación enfocado a universidades. El sistema apoya la gestión de toda la información relacionada con los proyectos de investigación científica, permitiendo evaluar la calidad de los proyectos, administrar sus recursos, productividad generada, entre otros.

Adicionalmente se observa que la mayoría de los artículos seleccionados sigue empleando las metodologías y técnicas tradicionales para el desarrollo de sistemas; el estudio muestra que el 26% de los trabajos sigue optando por el uso de la metodología de cascada [7], [8]. Sin embargo, aunque en menor proporción también se observa algunos trabajos que implementan metodologías ágiles como Scrum y XP [9], [10]. En [7] se realizó una plataforma Web para administrar el programa de Salud gubernamental de las Filipinas, que incluye módulos para la administración de los programas de salud e inventarios de medicamentos y vacunas entre otros; este sistema fue desarrollado utilizando la metodología cascada. En [9] desarrollaron un sistema de inventarios para administrar la entrada y salida de insumos de la compañía utilizando la metodología Scrum con un marco de trabajo *Codeingiter3*. Mientras que en [10] se desarrolla exitosamente una plataforma Web para la gestión documental de una escuela de educación superior utilizando la metodología XP.

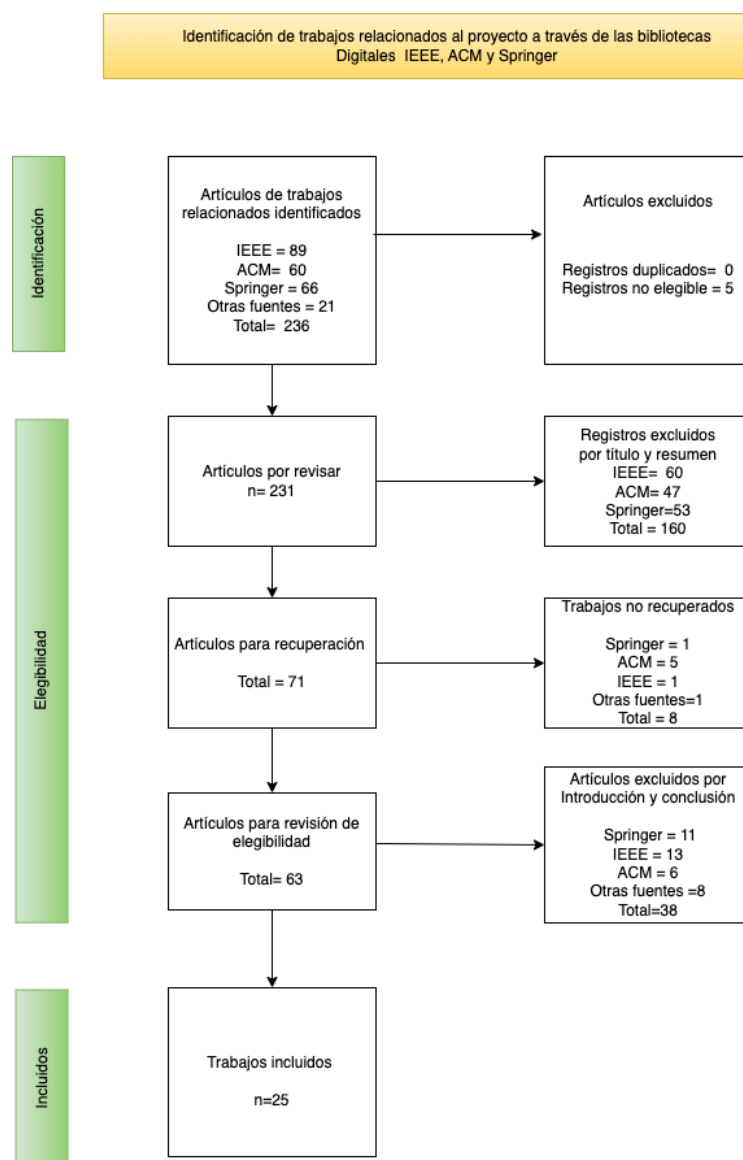


Figura 1. Resultados de la revisión sistemática utilizando el Diagrama de PRISMA.

Hoy en día, la tendencia de desarrollo de sistemas son las basadas en plataformas web, en donde la seguridad toma un papel importante. La mayoría implementan módulos de autenticidad y esquemas de roles para el despliegue de opciones e información según sus niveles de autorización [6]. En donde solo pueden consultar información dependiendo de sus permisos de acceso y rol asignado.

También se observa que solo el 32% de los trabajos reportan resultados de evaluación, los cuales se encuentran enfocados en aspectos de usabilidad, funcionalidad y experiencia de usuario y eficiencia [11]. En donde presentan diferentes métodos para medir usabilidad y experiencia de usuario a través de diferentes etapas en el desarrollo como fue el caso del desarrollo de una plataforma de e-Learning desde la perspectiva del desarrollador. En [12] se desarrolla una aplicación web interactiva para visualización y análisis de datos de facturas electrónicas en México. Para la plataforma web, esta aplicación fue sometida a una etapa de evaluación de usabilidad para lo cual utilizaron el cuestionario SUS (por sus siglas en inglés *System Usability Scale*).

Con base en los resultados obtenidos, se observa que existen diferentes técnicas y metodologías empleadas para el desarrollo y evaluación de sistemas para la gestión de proyectos de TIC, siendo la más utilizada la metodología de cascada. Sin embargo, los trabajos en donde se utiliza alguna metodología ágil obtuvieron mejores resultados en cuanto a calidad, costo y satisfacción de los clientes. Así mismo, es posible ver que falta mucho trabajo por hacer en la parte de evaluación. Se encontraron pocos trabajos que reportan la evaluación de sus sistemas. Es decir, que fue lo que evaluaron, qué técnicas utilizaron y cómo lo llevaron a cabo y por último, dado

el bajo porcentaje encontrado de trabajos relacionados que solucionen problemáticas similares, nos indica que existe un gran campo de oportunidad para el desarrollo de plataformas para la gestión de este tipo de proyectos.

3. Materiales y métodos

Para el desarrollo de la plataforma web se seleccionó la metodología de desarrollo “*Extreme Programming*” (XP). Ya que es la metodología que más se asemeja al proceso de desarrollo que actualmente utiliza la UTIC del Centro.

“XP es una metodología de desarrollo de software ágil que se enfoca en la entrega de software de alta calidad de manera rápida y adaptable. XP se basa en principios de retroalimentación continua, comunicación efectiva, simplicidad y flexibilidad, promueve una colaboración estrecha entre los miembros del equipo de desarrollo y los clientes” [13].

El ciclo de vida de XP consta de 5 fases. Planeación, diseño, codificación, pruebas y lanzamiento. Estas fases son iterativas e incrementales, y se repiten a lo largo del desarrollo del software, hasta que se obtiene el producto final, en la Figura 2 se observan estas etapas y las actividades que se realizaron en cada una de ellas.

1. Planeación. En esta fase, el equipo de desarrollo trabaja de cerca con el cliente para comprender los requisitos iniciales y definir las historias de usuario. Se establecen los objetivos del proyecto y se detectan las características o funcionalidades claves que deberán desarrollarse en la primera iteración.
2. Diseño. En esta fase se realiza una planificación inicial basada en las historias de usuario priorizadas. El equipo decide qué historias de usuario se incluirán en la próxima iteración y estima el esfuerzo necesario para completarlas. También se definen los criterios de aceptación para cada historia.
3. Codificación. Durante la fase de codificación se lleva a cabo el proceso de desarrollo e implementación de la solución TIC, a través de ciclos o iteraciones cortos y regulares generalmente de 1 a 2 semanas. Durante cada iteración el equipo por lo general, en parejas, trabaja en la implementación de las funcionalidades asociadas a las historias de usuario seleccionadas para dicha iteración. Adicionalmente se llevan a cabo actividades de rediseño, pruebas unitarias y refactorización. Al final de la iteración, se entrega un incremento funcional y potencialmente desplegable del software.
4. Pruebas. Durante todo el proceso, se realiza una integración continua del código desarrollado. Los cambios e implementaciones de código se integran y se prueban de manera constante para garantizar la estabilidad del sistema. Además de las pruebas unitarias, también se realizan pruebas de integración, pruebas de aceptación y de seguridad.
5. Lanzamiento. En esta fase, todas las historias de usuario han sido probadas con éxito. En este punto se cuenta con un software útil que ha sido aprobado por el cliente y que deberá incorporarse a un ambiente de producción. También se incorpora la documentación de resultados, manuales técnicos y de usuario.

En la Figura 2 se observa las diferentes actividades que se realizaron en cada una de las fases. En la fase de planeación se llevó a cabo el análisis del proceso actual, levantamiento de requerimientos y especificación de historias de usuarios. En la fase de diseño se realizó la propuesta de la solución tecnológica, junto con su diagrama de uso, se diseñó la arquitectura y la base de datos del sistema, así mismo se realizaron los prototipos de baja y media fidelidad.

Una vez aprobados los requerimientos y los prototipos de la solución tecnológica se inició la fase de codificación, para la cual se aplicaron pruebas de usabilidad y de integración por cada módulo realizado. Al tener la totalidad del sistema, se realizaron pruebas de integración, funcionalidad y usabilidad. Antes de su lanzamiento por políticas internas de la UTIC, el sistema debe someterse a pruebas de seguridad con el objetivo de encontrar todas aquellas vulnerabilidades que pueda tener y corregirlas. De tal forma que los riesgos de seguridad sean mitigados al máximo.



Figura 2. Ciclo de vida de la metodología XP.

4. Aplicación de la metodología

A continuación, se describe cómo se implementaron cada una de las etapas de la metodología incluyendo los métodos y técnicas utilizados y los resultados obtenidos en cada una de ellas.

4.1. Planeación

Durante la planeación se llevó a cabo un análisis del proceso actual que nos permitió conocer el proceso y las principales necesidades. Para ello se llevó a cabo una fase de levantamiento de información en donde se utilizaron métodos de recolección de datos primarios a partir de documentación existente en el Centro, como el documento donde se define el proceso actual para la gestión de autorización de los proyectos de contrataciones de bienes y servicios TIC de la UTIC, el manual general de organización del Centro de Investigación y el acuerdo publicado el 6 de septiembre de 2021 en el Diario Oficial de la Federación donde se dan a conocer las políticas en relación a TIC [2].

Para la representación gráfica de este proceso se utilizaron las técnicas modelado de gráfica rica desarrollada por Peter Checkland [14] que se muestra en la Figura 3, la técnica RAD por sus siglas en inglés *Roll Activity Diagram* [15] y la técnica de modelado IDEF0 que se muestra en la Figura 4, la cual permite visualizar las entradas y salidas de cada una de las actividades del proceso así como las personas o mecanismos que se involucran en la ejecución de la actividad y los controles o factores que deben tomarse en cuenta para realizar dicha actividad.

Adicionalmente, se llevaron a cabo entrevistas semi-estructuradas las cuales tuvieron como objetivo identificar a los actores principales y obtener el punto de vista, opiniones o visiones subjetivas del proceso en estudio a partir de una serie de preguntas abiertas previamente establecidas.

Para las entrevistas se definieron cuatro protocolos diferentes, uno para el Director o representante de la UTIC, para los Jefes de departamento de la UTIC, para los responsables de proyecto y para personal de apoyo de los jefes de departamento de la UTIC. En la Tabla 1 se describen algunos datos demográficos de los participantes y la duración de la entrevista.

Como resultado de las entrevistas fue posible entender y describir el proceso actual el cual inicia con la generación del portafolio de proyectos TIC por parte de los responsables de proyecto para la contratación de bienes y servicios, estos pueden ser jefes de la UTIC o personal que se encuentre en otras áreas del Centro. Sin embargo, se trata de un responsable ajeno a la UTIC, este tiene un primer contacto con los jefes de la UTIC para que le expliquen el proceso y proporcionan formatos, ejemplos entre otros.

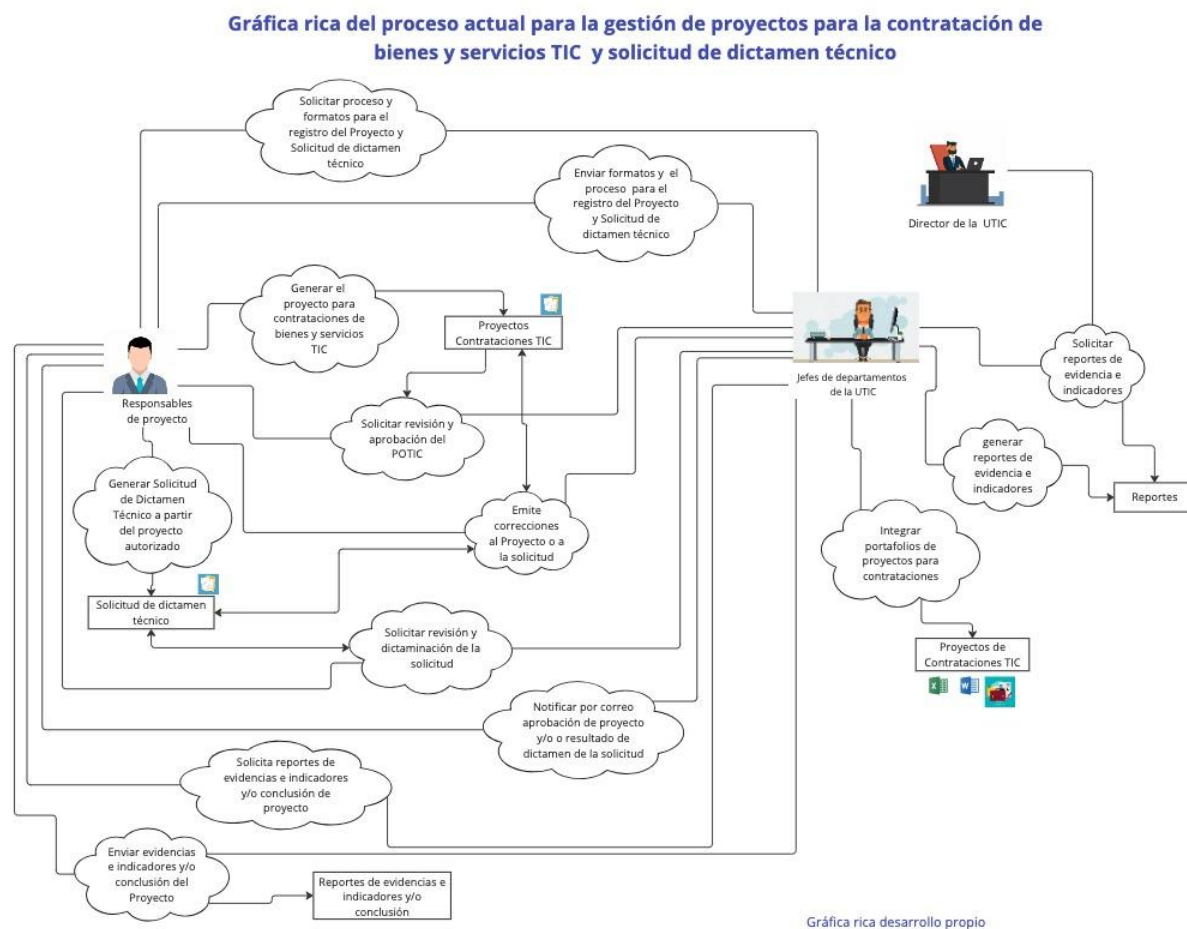


Figura 3. Gráfica rica del proceso actual.

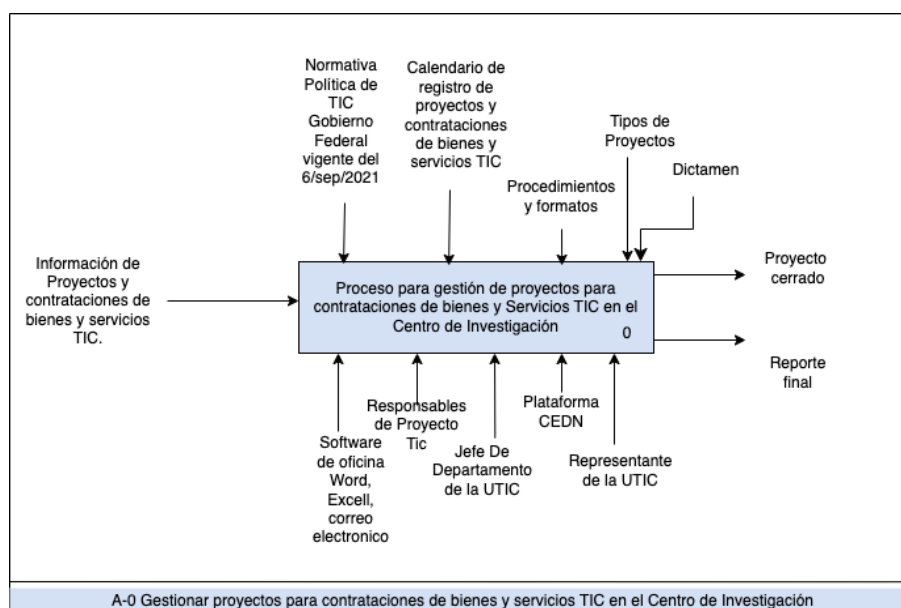


Figura 4. Gráfica IDEF0 del proceso actual. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Datos demográficos de los entrevistados.

Id	Rol	Edad	Género	Duración de la entrevista
1	Director de la UTIC	52 años	Masculino	01:18:32
2	Jefe de depto. 1 de la UTIC	45 años	Masculino	00:53:37
3	Jefe de depto. 2 de la UTIC	40 años	Masculino	00:54:12
4	Responsable de Proyecto	44 años	Femenino	00:53:31
5	Personal de apoyo de la UTIC	43 años	Masculino	00:36:17
Promedios		44.8 años		55.05 minutos

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que el responsable cuenta con la documentación completa, procede a realizar el portafolio de proyectos y lo envía a alguno de los jefes de la UTIC para su revisión y validación, si estos detectan información faltante o inconsistencias le envían mensaje al responsable del proyecto para que realice las correcciones necesarias y envíe nuevamente la documentación ya corregida.

Los jefes de la UTIC al contar con la totalidad de los proyectos completos proceden a solicitar su aprobación para integrarlo al portafolio de proyectos de contrataciones de bienes y servicios TIC institucional. Es importante destacar que la información de los proyectos se encuentra en documentos MS-Word y Excel y el envío de estos documentos se realiza mediante herramientas de correo electrónico.

Una vez que la UTIC obtiene la aprobación del proyecto, personal de la UTIC informa al responsable de proyecto para que pueda continuar con la elaboración de la solicitud de dictamen técnico (SDT) y para ello debe contactar nuevamente al personal de la UTIC para que le explique el proceso por realizar y envíe la documentación y formatos que debe llenar y enviar de vuelta con la información correspondiente; el personal de la UTIC revisará y almacenará toda esta información en la computadoras del jefe de la UTIC que le esté atendiendo para posteriormente registrar su solicitud de dictamen el cual puede ser favorable o no favorable. Una vez dictaminada deberán notificar al responsable del proyecto. En el caso de recibir un dictamen favorable para su SDT, podrán realizar la contratación del bien o servicio requerido para la ejecución de su proyecto.

En ocasiones se solicitan a la UTIC reportes de avance de cada proyecto y/o solicitud de dictamen técnico, los departamentos de la UTIC deben consultar a cada uno de los responsables de los proyectos TICS sobre sus avances, recabar la información, analizar, depurar y generar los reportes en contexto que es solicitado, esta tarea es sumamente tardada y complicada ya que toda la información, se encuentra dispersa entre correos y archivos de Microsoft Word o Excel.

Con base en el levantamiento de información y las gráficas realizadas fue posible identificar algunas problemáticas, entre las más relevantes se encuentran las siguientes:

- Falta de herramientas o sistemas para sistematizar el flujo de trabajo y facilitar la integración de las solicitudes y documentos asociados.
- Falta de canales de comunicación unificados.
- Falta de mecanismos de seguimiento de los procesos de revisión y aprobación.
- Falta de repositorios de datos y documentos.

Con el propósito de mitigar los problemas y satisfacer las necesidades detectadas previamente, se propone implementar una plataforma web que automatice algunas de las actividades del procedimiento de gestión de proyectos para la contratación de bienes y servicios TIC el cual contemplaría los siguientes aspectos:

- La implementación del registro para proyectos de contratación de bienes y servicios y el registro de solicitudes de dictamen técnico, que permita además adjuntar y almacenar los documentos anexos a una solicitud.
- Implementar repositorios de datos y documentos para almacenar de forma centralizada, la información de las solicitudes y documentación relacionada con los trámites.
- Implementar la visualización de líneas del tiempo para los trámites para que los usuarios puedan conocer el estado actual de su trámite y por los estados por los que ha pasado.
- La implementación de mecanismos de notificación automática.
- La implementación de reportes predefinidos que apoyen la toma de decisiones de la UTIC.

4.2. Diseño

En esta etapa se identificaron los requerimientos funcionales y no funcionales [16] para la solución tecnológica propuesta, en la Tabla 2 se observan los requerimientos funcionales identificados.

Tabla 2. Requerimientos funcionales.

Id	Requerimiento	Descripción
RF-01	Autenticar	Para acceder al sistema el usuario deberá proporcionar sus credenciales de acceso.
RF-02	Mostrar menú principal	Al ingresar al sistema deberá desplegar una pantalla de inicio con su menú principal.
RF-03	Listar POTIC	Desplegará los POTIC existentes del usuario autenticado e información básica de estos.
RF-04	Crear POTIC	El usuario podrá capturar toda la información requerida para generar su POTIC.
RF-05	Editar POTIC	El usuario podrá actualizar la información del POTIC seleccionado, mientras esté en proceso de solicitud de aprobación.
RF-06	Revisar POTIC	Los jefes de departamento de la UTIC podrán revisar los POTIC previamente completados y registrar observaciones o correcciones.
RF-07	Capturar Aprobaciones POTIC	El sistema deberá permitir a los jefes de departamento la UTIC, realizar la aprobación de los POTIC.
RF-08	Listar SDT	Listará las SDT capturadas por el usuario autenticado.
RF-09	Crear carátula de SDT	A partir de un POTIC aprobado podrá crear SDT para registrar los datos de las contrataciones por realizar, esta captura corresponde a la primera sección de la SDT.
RF-10	Captura SDT	El sistema desplegará los campos requeridos para capturar una SDT donde el tipo de contratación sea definida como no automática.
RF-11	Editar SDT	Permitirá editar la Solicitud de Dictamen Técnico.
RF-12	Revisar SDT	Permitirá a los jefes de las áreas de TIC revisar un POTIC específico y emitir correcciones u observaciones en su caso al usuario correspondiente.
RF-13	Captura dictamen de SDT	Los jefes de departamento podrán capturar el dictamen de cada SDT.
RF-14	Seguimiento POTIC	Al finalizar la ejecución del proyecto, los responsables de proyectos deberán finalizar y cerrar su POTIC.
RF-15	Visualizar seguimiento de trámites	Cualquier usuario podrá visualizar el seguimiento de su trámite ya sea POTIC o SDT.
RF-16	Visualizar reportes	Se presentará un listado de los reportes previamente definidos.
RF-17	Gestionar catálogos	Los usuarios administradores podrán gestionar los diferentes catálogos del sistema que permiten configurar el funcionamiento del sistema.
RF-18	Gestionar calendarios	Los usuarios administradores podrán establecer los periodos para la recepción de POTIC.
RF-19	Salir del sistema	Cerrará la sesión del usuario en el sistema.

Algunos de los requerimientos No Funcionales se listan a continuación:

- El sistema debe operar en plataforma web en modo seguro (https).

- El sistema deberá operar dentro de la red del Centro de Investigación (intranet).
- El sistema deberá operar las 24/7 durante todo el año.
- La interfaz gráfica deberá ser sencilla y agradable para el usuario.
- La estructura de las interfaces en cada sección debe ser ordenada, clara e intuitiva para el usuario.
- El sistema deberá mostrar mensajes de ayuda o apoyo para el llenado de los formatos preestablecidos.
- El sistema deberá contar con una base de datos y un servidor de aplicaciones.
- El sistema deberá contar con una unidad de almacenamiento para el resguardo de la documentación de cada trámite.
- El sistema realizará la validación de autenticación utilizando LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*) institucional.
- El sistema deberá integrar niveles de seguridad por Rol, solo podrán ver la información permitida.

Adicionalmente se empleó la técnica de diagramación de casos de uso [17] como se observa en la Figura 5, la cual permite identificar los actores implicados y las interacciones que estos pueden tener con el Sistema para la gestión de proyectos de TIC.

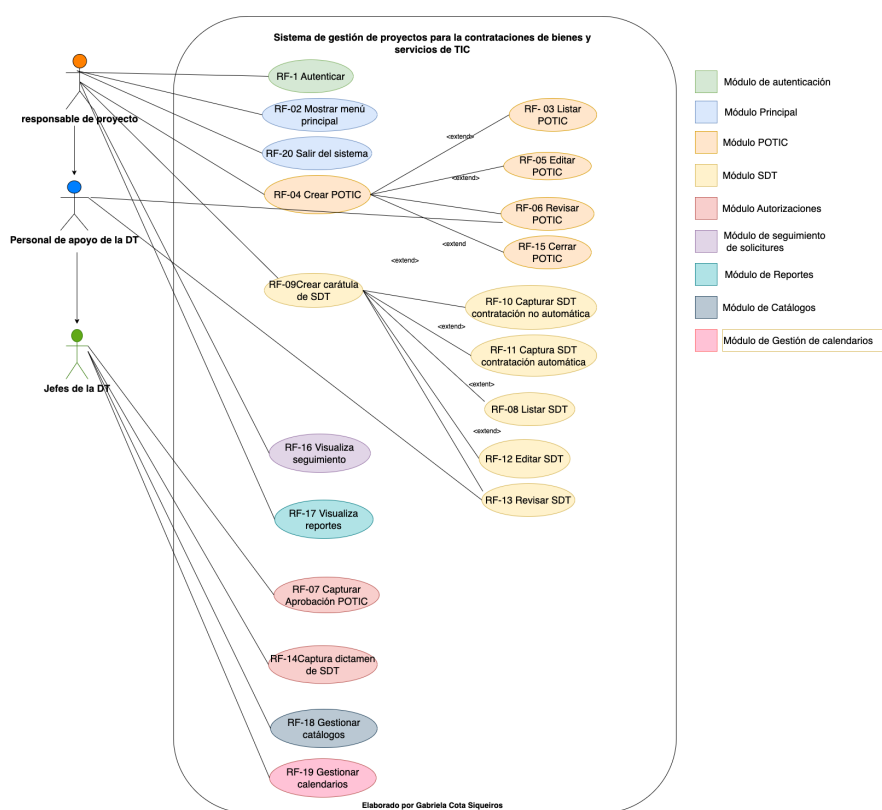


Figura 5. Diagrama de casos de uso.

La primera iteración de la fase de prototipado de interfaces del sistema se enfocó en el desarrollo de prototipos de baja fidelidad en papel, con el propósito de realizar una representación general visual de la solución tecnológica propuesta, tomando en cuenta los requerimientos establecidos previamente. Esta técnica permite desarrollar una representación de forma rápida, fácil, permite hacer cambios o rediseños en poco tiempo y bajo costo.

En una segunda iteración se realizó la implementación de prototipos digitales de media fidelidad utilizando la herramienta digital FIGMA (<https://www.figma.com/>). Para el diseño de estos prototipos se tomaron en cuenta los diferentes requerimientos funcionales de la solución tecnológica previamente establecidos, así como los comentarios de mejora obtenidos en la evaluación de los prototipos de papel. En la Figura 6 (a) y (b) se visualizan dos ejemplos de los diseños realizados.

Figure 6 consists of two screenshots of web application prototypes. Screenshot (a) is titled 'Registrar POTIC' and shows a form with fields for 'Nombre del Proyecto', 'Responsable', 'Tipo de Proyecto', 'Categoría', 'Año', 'Fecha Inicial', 'Fecha Final', and 'Fecha de evaluación'. Screenshot (b) is titled 'Registrar Solicitud de Dictamen Técnico SDT' and shows a form with fields for 'Id POTIC', 'IdHCEDN', 'Tipo de proyecto', 'Fecha Inicial', 'Fecha Final', 'Monto M.N.', 'Nombre del Proyecto', 'Contrato', 'Reponsable', 'Puesto', 'email', 'Telefono', 'Tipo de Contratación', and 'Objeto de Contratación'.

(a) Prototipos para el registro POTI

(b) Prototipo registro SDT

Figura 6. Ejemplos de prototipos de media fidelidad.

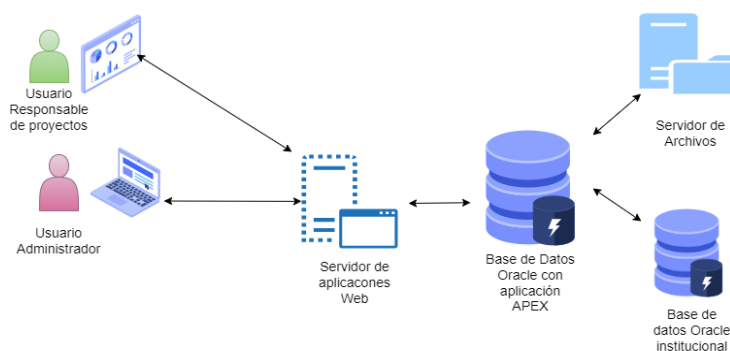
4.3. Codificación

Con base en los estándares de desarrollo establecidos en la unidad receptora, se estableció utilizar el siguiente conjunto de herramientas y *frameworks* para el desarrollo de la solución tecnológica propuesta. La base de datos seleccionada para la implementación es Oracle 19c y la herramienta de manipulación de base de datos es Oracle Sql Developer. Así mismo se seleccionó las herramientas de desarrollo que ofrece ORACLE *Application express*, para el desarrollo de la solución. Los lenguajes de programación empleados son SQL, PL SQL, HTML5, CSS, Java.

Para el resguardo de los documentos de los trámites registrados se configuró un servidor de almacenamiento virtualizado dentro de la infraestructura del Centro, con sistema operativo Linux (*Debian*), el cual trabajará de forma segura y redundante. La arquitectura de la solución tecnológica se puede observar en la Figura 7.

El diseño de la base de datos se realizó utilizando la herramienta *draw.io* (<https://app.diagrams.net/?mode=google>) de Google, en este diagrama se definieron las entidades, sus atributos los tipos de datos correspondientes, las relaciones entre las entidades y su cardinalidad; posteriormente se realizó la creación de cada uno de los objetos de la base de datos en el sistema administrador de base de datos relacionales de Oracle.

En cuanto a los aspectos de seguridad se implementaron las siguientes estrategias: Se implementó un módulo de autenticación al sistema basado en LDAP, el cual es un directorio activo que guarda información y credenciales del personal del Centro, de tal forma que solo personal activo podrá acceder al sistema. Dentro del sistema se establecieron niveles de seguridad basado en usuarios y roles, que solo permitirá ver la información y opciones designadas. Adicionalmente el conjunto de servidores que dan soporte al sistema se encuentra instalados dentro de una intranet institucional impidiendo el acceso desde el exterior del Centro, a menos que se utilice una VPN (por sus siglas en inglés *Virtual Private Network*) en donde deberá autenticarse con un usuario y contraseña válido y por último estos servidores incluyen la instalación de certificados de seguridad y la configuración de puertos entre otros para restringir el acceso no autorizado.

**Figura 7.** Arquitectura de la solución tecnológica.

Al finalizar el proceso de codificación se obtuvo como resultado la implementación del sistema para la gestión de proyectos de contratación de bienes y servicios TIC, el cual incluye los módulos de autenticación, gestión de POTIC, gestión de SDT, módulo de revisión, módulo de aprobación, módulo de reportes y el módulo de catálogos. En la Figura 8, se observa la pantalla del proyecto de contratación de bienes y servicios TIC, el cual consta de diferentes secciones, entre ellas la ficha técnica, la captura de los datos generales del proyecto, información sobre las consideraciones estratégicas, contrataciones planeadas y los criterios de evaluación, así mismo cuenta con una sección para poder visualizar las observaciones que hayan sido capturada por los revisores y una última sección para poder visualizar los estados por los que ha pasado el proyecto.

Figura 8. Forma de registro de proyectos para contrataciones de bienes y servicios TIC.

En la Figura 9, se muestra la forma de registro de las solicitudes de dictamen técnico la cual también incluye una sección de datos generales, datos de la contratación a realizar, una sección para incluir datos presupuestales, datos de las cotizaciones realizadas y otra sección para subir toda la documentación anexa a la solicitud, como estudios de mercado, justificación, informe técnico, comprobante de suficiencia presupuestaria, cotizaciones, calendario del proyecto entre otros. Así mismo, incluye la sección para poder atender observaciones realizadas por la UTIC y la sección de estados de la solicitud donde podrán observar el historial de estados por los que ha pasado el trámite.

El sistema incluye un módulo de reportes en donde el personal de la UTIC puede ejecutar una serie de reportes que le proporcione información sobre los proyectos, las solicitudes realizadas, sus estados, servicios de TIC, adquisiciones y/o arrendamientos de TIC requeridos, así como presupuestos estimados, comparativos presupuestarios, proveedores entre otra información, en la Figura 10 se observa dicho módulo y en las Figuras 11 (a) y (b) se pueden observar algunos ejemplos de los reportes que ofrece el sistema.

Figura 9. Se muestra la pantalla de registro de la solicitud de dictamen técnico.

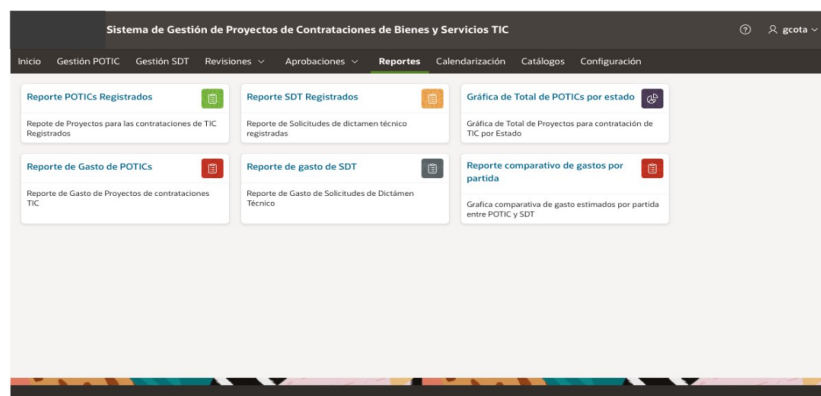
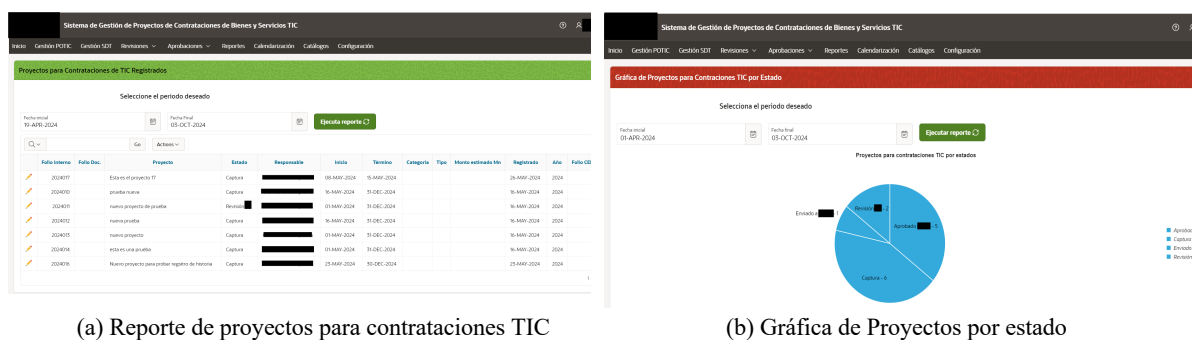


Figura 10. Módulo de Reportes.



(a) Reporte de proyectos para contrataciones TIC

(b) Gráfica de Proyectos por estado

Figura 11. Ejemplos de reportes del sistema.

Adicionalmente el sistema cuenta con un módulo de catálogos que permite que el sistema pueda ser dinámico y configurable. En la Figura 12 se observa el módulo y en la Figura 13 se muestra el catálogo de arrendamientos, adquisiciones y de servicios TIC como un ejemplo.



Figura 12. Módulo de catálogos.

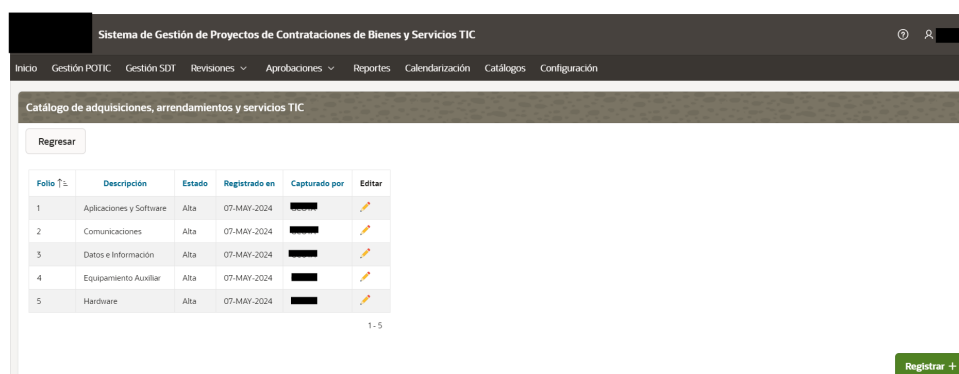


Figura 13. Catálogo de adquisiciones, arrendamientos y de servicios TIC.

5. Proceso de evaluación y resultados

A través del desarrollo del proyecto se realizaron diferentes tipos de pruebas y validaciones dependiendo la etapa del desarrollo. Una vez terminado el análisis y levantamiento de requerimientos, se realizó una revisión y validación de los requerimientos, para ello se programó una reunión en la que participaron dos jefes de departamento de la UTIC, un personal de apoyo y el responsable del presente proyecto. Como resultado de la reunión se obtuvo un mapa correlacional de revisión de requerimientos. Los principales resultados indicaron que los participantes estuvieron de acuerdo en la descripción de los requerimientos identificados, solo se realizaron algunas observaciones con el propósito de agregar mayor detalle a algunos requerimientos. Solo en un caso en particular se solicitó cambiar un requerimiento para que cumpliera con funcionalidades adicionales requeridas las cuales quedaron especificadas en dicha sesión.

En la etapa de diseño se realizó una primera validación de usabilidad a los prototipos en papel. La evaluación fue realizada con dos personas con conocimientos en técnicas de evaluación de experiencia de usuario. A cada participante de la evaluación se les asignaron las mismas cuatro tareas, RF-03, RF-04, RF-08, RF-10 (las tareas hacen referencia a los requerimientos funcionales descritos en la Tabla 2), las cuales debían resolver utilizando la técnica de pensamiento en voz alta descrita por Nielsen [18]. Como resultado de la evaluación se obtuvo una percepción general positiva de la propuesta, les pareció sencillo llevar a cabo las tareas definidas en los escenarios seleccionados para la prueba. Sin embargo, ambos comentaron que al principio les pareció confuso encontrar algunas opciones para ejecutar las tareas solicitadas.

Al concluir la etapa de prototipado de media fidelidad se llevó a cabo su validación, para lo cual se realizó una planeación del proceso de evaluación de los prototipos, en la cual se definieron los prototipos a evaluar y los participantes del proceso, los métodos de reclutamiento, las tareas a realizar durante la ejecución de la evaluación, el proceso de ejecución de la evaluación, así como su duración, los materiales empleados para la recolección de datos y los métodos de análisis de datos que se utilizarán para analizar la información obtenida y presentar los resultados.

Los participantes seleccionados para la evaluación fueron divididos en dos grupos, el primero fue conformado por usuarios de tipo administrador, que incluye a los Jefes de la UTIC y el segundo se conformó por usuarios responsables de proyectos TIC de áreas ajenas a la UTIC, es decir, personal de otras áreas del Centro de Investigación que requieren de la contratación de bienes y servicios de TIC para sus proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico.

Se definieron un conjunto de tareas para ser realizadas las cuales difieren dependiendo el grupo, así mismo se definió un cuestionario para que fuera contestado al finalizar cada tarea para adquirir una percepción y retroalimentación por parte de los participantes. El cuestionario estuvo formado por un apartado para obtener datos demográficos del participante, enseguida un apartado que incluía el cuestionario SUS (*System Usability Scale*) [19], el cual mide la percepción del usuario respecto a la usabilidad del sistema [11]. Finalmente, un apartado con preguntas abiertas de retroalimentación general del prototipo. En las Figuras 14 (a) y (b) se observan dos ejemplos de las observaciones encontradas a los prototipos de mediana fidelidad durante la evaluación de prototipos en la etapa de diseño.

En la Tabla 3, se aprecian los resultados del cuestionario SUS, en donde se puede observar que el total promedio es de 82.07, que al compararlo con la escala de resultados SUS de Jeff Sauro [19], se puede apreciar que la propuesta se encuentra dentro del rango de aceptabilidad al superar el resultado promedio de 68.

En cuanto a los métodos para el análisis de datos se utilizaron técnicas de análisis de datos cualitativos, como la codificación abierta y codificación axial [20] para el apartado de percepción y para los resultados obtenidos del apartado del cuestionario SUS, se analizaron utilizando métodos de estadística descriptiva.

Como resultados de la evaluación se encontró que en general la apreciación de la propuesta fue positiva, la mayoría de los participantes reportaron haber tenido una buena experiencia de uso del prototipo, así mismo indicaron que el sistema les pareció amigable e intuitivo. De forma adicional, se detectó que, para usuarios responsables de proyecto, en algunos campos no eran claro el tipo de dato y/o formato esperado, por lo que se sugirió incluir leyendas informativas y ejemplos de captura.

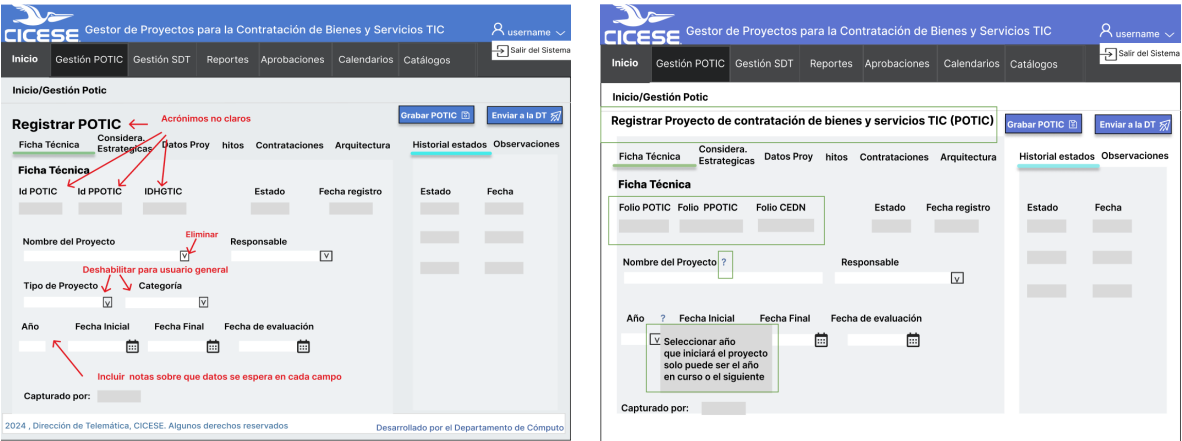


Figura 14. Ejemplo de observaciones detectadas a prototipos y su propuesta de mejora

Tabla 3. Resultados del cuestionario SUS.

Participante	Puesto	Rol	Total SUS
P1	Jefe depto. 1 de la UTIC	Administrador	92
P2	Jefe depto. 2 de la UTIC	Administrador	95
P3	Jefe depto. 3 de la UTIC	Administrador	85
P4	Técnico depto. 1 área académica	General	80
P5	Técnico de apoyo de la UTIC	General	67.5
P6	Técnico depto. 2 área académica.	General	82.5
P7	Apoyo administrativo área académica	General	72.5
Resultado promedio			82.07

Algunos aspectos relevantes en donde coincidieron los usuarios, es en la agilidad de captura que se muestra en la propuesta y mencionaron que esta solución pudiera ayudar a agilizar el proceso interno, además vieron como ventaja, tener toda la información resguardada en un solo lugar y poder consultar cualquier dato en un mínimo de tiempo.

Algunos aspectos relevantes en donde todos los usuarios coinciden es la agilidad de captura que se muestra en la propuesta y creen que esta solución pudiera ayudar a agilizar el proceso interno, además de ver como ventaja tener toda la información resguardada en un solo lugar y poder consultar cualquier dato en un mínimo de tiempo. En la Tabla 4 se aprecian los diferentes métodos de evaluación y pruebas en las distintas etapas del desarrollo.

Tabla 4. Métodos y técnicas de validación y pruebas empleadas.

Pruebas y Validaciones		
Etapas del desarrollo	Tipo de prueba	Métodos y técnicas
Análisis	Validación de requerimientos	Mapa correlacional de revisión de requerimientos con los clientes

Diseño	Validación de prototipos baja y de media fidelidad	Pruebas de usabilidad formulario SUS [18], método de evaluación medida de prestaciones en conjunto con pensamiento en voz alta [17], entrevista corta de percepción general del sistema.
Codificación	Validación de la funcionalidad	Pruebas de funcionalidad, integridad y de caja negra

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

Para cumplir con el objetivo principal de este trabajo, el cual consiste en la implementación una plataforma Web que facilite y agilice la gestión de los proyectos de contrataciones de bienes y servicios TIC a nivel institucional, primeramente se llevó a cabo un análisis preliminar del proceso actual, lo que permitió detectar las principales problemáticas y necesidades, entre ellas: la falta de herramientas tecnológicas o sistemas informáticos, falta de repositorios de datos y documentos, falta de mecanismos de seguimiento y aprobación de los trámites, falta de formatos, procesos claros y bien definidos, entre otros.

Con base en lo anterior se realizó la propuesta de la plataforma Web que automatice algunas de las actividades del procedimiento de gestión de proyectos para la contratación de bienes y servicios TIC y que incluye principalmente el registro del proyectos de contrataciones de bienes y servicios y la solicitud de dictamen técnico, la implementación de repositorios de datos y documentos de tal forma que toda la información se encuentre centralizada y accesible en cualquier momento, la implementación de líneas de tiempo para visualizar el estado que guardan los diferentes proyectos, la implementación de notificaciones automáticas y reportes predefinidos que apoyen la toma de decisiones.

En la etapa de desarrollo se definieron los requerimientos del sistema, se desarrollaron prototipos los cuales fueron evaluados por los usuarios potenciales. Estas evaluaciones permitieron realizar ajustes de usabilidad y afinar algunos aspectos de los procesos de captura y revisión de tal forma que fueran tomadas en cuenta al momento de la codificación del sistema, así mismo se realizó una evaluación de usabilidad y apreciación general de los prototipos en donde la respuesta fue muy positiva. Los usuarios opinaron que el sistema les pareció claro, intuitivo y amigable. Los formatos de captura les parecieron sencillos y fáciles de usar, además, les pareció que el sistema tiene el potencial de agilizar el proceso de registro y de revisión, así como la consulta de información al encontrarse toda la información resguardada en un solo lugar y permite generar reportes que apoyen en la toma de decisiones de la UTIC, de esta forma aseguramos que la implementación final de la plataforma realmente cumpla con las expectativas y necesidades de los diferentes usuarios.

Con base en los resultados anteriores se llevó a cabo la implementación de la plataforma Web, la cual se encuentra funcional en su primera versión. Como trabajo futuro, se espera realizar la evaluación final de la plataforma Web con los usuarios y, aunque actualmente incluye un módulo de reportes que muestran una perspectiva del estado de los proyectos y solicitudes, así como de las estimaciones y presupuestaciones de gasto en materia de contrataciones de bienes y servicios TIC, aún falta trabajar en la implementación de un tablero de indicadores que permita a la UTIC realizar análisis comparativos y predictivos a mediano y largo plazo que apoyen la gestión y toma de decisiones en materia de contrataciones TIC.

Es importante mencionar que el alcance de este artículo no incluye una validación de este prototipo funcional, sin embargo, la UTIC tiene toda la disposición para evaluar e integrar la plataforma Web dentro de sus sistemas informáticos institucionales, quedando como trabajo futuro esta última parte.

7. Agradecimientos

Se agradece a todas las personas que colaboraron en la realización de este proyecto; a cada uno de los asesores y a las personas que accedieron a participar en las diferentes etapas de evaluación y validación del proyecto, así mismo se extiende un agradecimiento al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo otorgado al primer autor de esta publicación.

8. Referencias

- [1] Armenta Bojórquez, R. L. (2018). Gobierno electrónico en México. *Trascender, Contabilidad y Gestión*, (8), 53-63. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i8.6>
- [2] Secretaria de Gobernación. (2023). *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5628885&fecha=06/09/2021#gsc.tab=0
- [3] Cognizant. (2023). *Plataforma digital*. <https://www.cognizant.com/es/es/glossary/digital-platform#:~:text=Una%20plataforma%20digital%20es%20el,y%20el%20engagement%20del%20cliente>
- [4] PRISMA. (2021). *PRISMA flow diagram*. <http://www.prisma-statement.org/>
- [5] Liu, J., Wang, C., Xiao, X. (2021). Design and application of science and technology project management information system for educational institution. *Mobile Information Systems*, 2021 (1), 1-10. <https://doi.org/10.1155/2021/2074495>
- [6] Wu, M., Li, J., Zhu, J., Wu, Y., Yan, L. (2020). *Design and implementation of ship engineering project management system*. International Conference on Urban Engineering and Management Science (ICUEMS). Zhuhai, China. <https://doi.org/10.1109/ICUEMS50872.2020.00076>
- [7] Altura, K., Madjalis, H., Sungahid, M., Serrano, E., Rodriguez, R. (2023). *Development of a Web-portal health information system for Barangay*. 11th International Conference on Information and Education Technology (ICIET). Fujisawa, Japan. <https://doi.org/10.1109/ICIET56899.2023.10111439>
- [8] Dixon, J., Denholm-Price, J., Knights, A., Brown, J. (2016). Selectamark: The development of a global IT platform. *InImpact: The Journal of Innovation Impact*, 5 (1), 130-135. <http://inimpact.innovationkt.org/>
- [9] Firman Ashari, I., Jufe Aryani, A., Mochamad Ardhi, A. (2022). Design and build inventory management information system using the Scrum method. *Journal Sistem Informasi*, 9 (1), 27-35. <https://doi.org/10.30656/jsii.v9i1.4050>
- [10] Chávarry Sánchez, K. L., Sandoval Huarcaya, J. L. (2023). Transformación Digital en la Gestión Documental de una Institución de Educación Superior Tecnológica Pública: Implementación de un Sistema Web con Metodología XP. *Qantu Yachay*, 3 (2), 2–10. <https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v3i2.54>
- [11] Salas, J., Chang, A., Montalvo, L., Núñez, A., Vilcapoma, M., Moquillaza, A., Murillo, B., Paz, F. (2019). Guidelines to evaluate the usability and user experience of learning support platforms: A systematic review. En P. Ruiz, V. Agredo-Delgado (Eds.), *Human-Computer Interaction* (pp. 238-254). Springer International Publishing.
- [12] Pérez Quintero, J., Alonso Ramírez, L., Montané Jiménez, L., Díaz Preciado, J. C. (2023). VisCFDI: Aplicación web interactiva para visualización y análisis de datos de facturas electrónicas en México. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información (RITI)*, 11 (23), 82–97. <https://doi.org/10.36825/RITI.11.23.008>
- [13] Beck, K. (1999). *Extreme programming explained: Embrace Change* (1st. Ed.). Addison Wesley.
- [14] Checkland, P., Scholes, J. (1999). *Soft systems methodology in action*. John Wiley & Sons.
- [15] Ould, M. A. (2005). *Business Process Management: a rigorous approach*. BCS, The Chartered Institute.
- [16] Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de software*. Pearson Educación.
- [17] Jacobson, I., Spence, I., Bittner, K., Salazar Caraballo, L. A., Zapata Jaramillo, C. M. (2013). *Casos de uso 2.0. La guía para ser exitoso con los casos de uso*. https://www.ivarjacobson.com/files/field_iji_file/article/use_case_2.0_-_spanish_translation.pdf
- [18] Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- [19] Serafinelli, S. (2024). *Qué es la escala SUS y cómo usarla para medir la usabilidad*. <https://www.teacuplab.com/es/blog/que-es-la-escala-sus-y-como-usarla-para-medir-la-usabilidad/>
- [20] Strauss, A., Corbin, J. (2016). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Universidad de Antioquia.