

Temática: Transformación Digital

Sistema de gestión administrativa de proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación

Administrative management system for Research, Development and Innovation projects

Cristian Rey Ruiz Castro¹, Arturo Orellana García^{1*}, Leodan Vega Izaguirre¹, Dania Marrero Quesada², Andy Sariego Ramos¹, Alain Sariego Ramos¹.

¹ Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio de los Baños km 2 1/2, Finca Torrens.

* Autor para correspondencia: aorellana@uci.cu

² Grupo Empesarial de la Informática y las Comunicaciones GEIC.

Resumen

Un proyecto de investigación es un procedimiento científico destinado a obtener información y formular hipótesis sobre un determinado fenómeno, los cuales pueden estar sujeto a múltiples restricciones, tales como tiempo, costo y recursos. Los líderes de un proyecto establecen métodos para controlar y seguir el proyecto a lo largo de todas sus etapas, basándose en un plan. En Cuba se ejecutan convocatorias a proyectos Nacionales, Sectoriales e Institucionales para favorecer el desarrollo científico a partir de proyectos. El CITMA estableció una metodología para reunir en un solo cuerpo y de forma organizada los reglamentos, instrucciones, metodologías y procedimientos que norman las distintas actividades científico-técnicas. Para la certificación de resultados o actividades de los proyectos se requiere un cúmulo de documentación a generar, tanto administrativa como económica. Esto repercute en la demora de la elaboración de la certificación de resultados y el aumento de la carga de trabajo para los jefes de proyectos. Es por ello que el objetivo de este trabajo es presentar un sistema de gestión de información administrativa de proyectos de I+D+i, que permita disminuir el tiempo y complejidad para la elaboración del expediente de certificación de resultados. Para el desarrollo del sistema se emplearon las siguientes tecnologías y herramientas: Visual Paradigm, Python, JavaScript, PostgreSQL, Bootstrap, Django, entre otras. La solución implementada agiliza y automatiza la elaboración de la documentación, lo cual facilita la gestión administrativa de los proyectos.

Palabras clave: certificación, sistema de gestión, I+D+i, investigación, metodología, proyectos

Abstract

A research project is a scientific procedure aimed at obtaining information and formulating hypotheses about a certain phenomenon, which may be subject to multiple restrictions, such as time, cost and resources. The leaders of a project establish methods to control and follow the project throughout all its stages, based on a plan. In Cuba, calls are made

for National, Sectoral and Institutional projects to promote scientific development based on projects. CITMA established a methodology to bring together in a single body and in an organized way the regulations, instructions, methodologies and procedures that regulate the different scientific-technical activities. For the certification of results or activities of the projects, an accumulation of documentation is required to be generated, both administrative and economic. This affects the delay in the preparation of the certification of results and the increase in the workload for the project managers. That is why the objective of this work is to present an administrative information management system for R+D+i projects, which allows reducing the time and complexity for the elaboration of the results certification file. For the development of the system, the following technologies and tools were used: Visual Paradigm, Python, JavaScript, PostgreSQL, Bootstrap, Django, among others. The implemented solution speeds up and automates the preparation of documentation, which facilitates the administrative management of projects.

Keywords: certification, management system, R+D+i, research, methodology, projects

Introducción

El Project Management Institute (PMI) es una organización estadounidense sin fines de lucro que asocia a profesionales relacionados con la Gestión de Proyectos, es la más grande del mundo en su área. Esta manifiesta que: un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Temporal porque tiene un comienzo y un fin definido; y único porque el producto o servicio es diferente de alguna manera que lo distingue de otros productos o servicios (Salcedo, 2020; Azuero, 2019).

Existen varios tipos o clasificaciones de proyectos, dependiendo del área donde se desarrollarán, por ejemplo: proyectos tecnológicos, proyectos informáticos, proyectos de innovación, proyectos de investigación, entre otros. Un proyecto tecnológico es aquel que tiene como propósito generar o adaptar, dominar y utilizar una tecnología nueva en una región, sector productivo o aplicación específica y que permite a quienes lo desarrollen acumular conocimientos y las habilidades requeridas para explicar exitosamente la tecnología y posibilitar su mejora continua (COLCIENCIAS, 2022). Los proyectos informáticos son aquellos que se relacionan con la instalación y puesta en marcha de sistemas informáticos con determinados fines. Los proyectos de innovación, son un plan estratégico que supone la creación de nuevas ideas, productos o servicios, que conlleven el desarrollo de un área como la educación, la tecnología, los modelos de negocio, entre otros (Tafur y Izaguirre, 2022; Botella y Ramos, 2019).

La presente investigación se centra específicamente en proyectos de investigación (I+D+i) los cuales son definidos por Pérez y Gardey (2013) como: un procedimiento científico destinado a obtener información y formular hipótesis sobre un determinado fenómeno social o científico. Para obtener los resultados esperados, uno de los aspectos que debe ser

considerado es la calidad en la ejecución y control de la información que se genera y gestiona en un proyecto de este tipo (García-González y Sánchez-Sánchez, 2020).

Organizaciones, agencias y gobiernos como BID, BM, PNUD, CEPAL, UNESCO; UNICEF, Canadá, Japón, entre otros, aplican programas y metodologías diversas con estos fines. (Rodríguez Cardona & Cobas Aranda, 2010). En el contexto actual se hace necesario disponer de herramientas para monitorear y evaluar el avance y el desempeño de los proyectos de investigación, así como sus resultados y el impacto en la sociedad, con el objetivo de asegurar su contribución al desarrollo social y económico del país (Villavicencio, 2019).

Cuba desarrolla una política basada en la ciencia y luego en la transformación digital, lo que ha provocado que se creen programas para la ejecución de proyectos y en este sentido las universidades cubanas juegan un papel fundamental. Por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) se realizan convocatorias a proyectos Nacionales, Sectoriales e Institucionales para favorecer el desarrollo científico del país. (Gómez, Cruz, Páez, & González, 2020).

El CITMA estableció una metodología para guiar los aspectos organizativos de los proyectos denominada: Indicaciones Metodológicas. Está basada en la experiencia adquirida con la implantación del Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica (SCIT) que se adoptó a partir de 1995 y el tránsito por dos Reglamentos del Sistema de Programas y Proyectos. Su adopción para la actividad de los programas y proyectos, permitirá mejorar la efectividad en el éxito de los procesos de organización y control de estos. Su objetivo es reunir en un solo cuerpo y de forma organizada los reglamentos, instrucciones, metodologías y procedimientos que norman las distintas actividades científico-técnicas. Los centros de investigaciones y las universidades hacen uso de esta metodología para la ejecución de sus proyectos (Gómez, Cruz, Páez, & González, 2020).

A partir de la aprobación del Decreto Ley 7/2020, Resolución 287/2019 reemplazan a las Resoluciones 15, y 44, que establecerían las pautas para los programas y proyectos de ciencia, tecnología e innovación. La adopción de esta metodología por los proyectos, permitirá mejorar la efectividad de los procesos de organización y control de estos, con el fin de obtener mejores resultados.

Las Instrucciones Metodológicas están conformadas por ocho capítulos y tienen como objetivo reunir en un solo cuerpo y de forma organizada los reglamentos, instrucciones, metodologías y procedimientos que norman las distintas actividades, desde la definición y aprobación de los programas y proyectos hasta su cierre. Se adjuntan anexos de los principales documentos. El CITMA es el responsable de controlar la implementación y el adecuado cumplimiento de las presentes Indicaciones, las cuales serán utilizadas hasta que se apruebe por el CITMA el Manual para la Gestión del Sistema de Programas y Proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación. El Sistema de Programas y Proyectos (SPP),

forma parte del SCTI del país y tiene entre sus funciones definir el procedimiento para el establecimiento de las prioridades de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) y que estas se correspondan plenamente con las estrategias y prioridades del desarrollo económico y social para cada período, y con las tendencias del desarrollo científico-tecnológico mundial.

Al final de cada trimestre, se realiza la Certificación de Actividades. Se analiza el cumplimiento de las actividades que culminan dentro del período y lo plasma en el modelo Certificación de Actividades (Anexo 15). El jefe del proyecto envía el anexo 15 al secretario ejecutivo de Programa. Según la calificación propuesta, el secretario ejecutivo de Programa emite el modelo Notificación de Ingresos/ Gastos (Anexo 16) en original y dos copias. Envía el original a la Entidad Ejecutora Principal, entrega una copia al Financista y archiva la segunda copia en el Expediente Único de Programa.

El secretario ejecutivo de Programa plasma las cifras que se autorizan a reflejar como gastos e ingresos. El Ejecutor traslada a la cuenta Costo de investigaciones certificadas, la cifra autorizada a reflejar como gasto y, descarga la cuenta Actividad investigativa fundamental en proceso. Seguidamente, traslada a ingreso, en la cuenta Venta de investigaciones certificadas, la cifra autorizada. Procede a efectuar la remuneración por participación en programas y proyectos a los trabajadores, y mantiene el resto del anticipo recibido en la cuenta Cobros anticipados de proyectos. Al recibir la Notificación de Ingresos/Gastos, el Financista depura la cuenta Pagos anticipados. Si el proyecto se evalúa como atrasado, la Entidad Ejecutora Principal debe aplicar lo estipulado para los Proyectos Atrasados.

Estos documentos se realizan de forma manual, constituye un proceso engorroso y requiere tiempo y esfuerzo de los jefes de proyectos para generar los documentos. La introducción de cualquier error o incongruencia conlleva a reelaborar toda la documentación, lo que perjudica la entrega en tiempo del expediente en la Oficina Nacional de Proyectos Internacionales. Para confeccionar el expediente se utilizan los documentos Word y Excel, los cuales generan un cúmulo de documentación e información extenso y difícil de gestionar. El tiempo promedio de elaboración de toda la documentación hasta su entrega y aprobación es de 2 a 3 semanas, lo cual es tiempo que no se le dedica a la investigación del proyecto. La problemática anterior incide negativamente sobre los tiempos para certificar los avances de los proyectos de investigación y conlleva a que el trabajo se haga bajo presión. Adicionalmente, sobrecarga a los jefes de proyecto con la elaboración de un número considerable de documentos administrativos, afectando el tiempo dedicado a las propias investigaciones. Teniendo en cuenta las dificultades presentadas sobre la administración y certificación de proyectos de I+D+i esta investigación se plantea como objetivo la automatización de los procesos descritos previamente.

Materiales y métodos

Para la ejecución de la presente investigación se sigue una estrategia explicativa y se emplearon los métodos:

- **Histórico - lógico:** Se utilizó para establecer los antecedentes y la actualidad de los proyectos de investigación, así como identificar los sistemas informáticos que se emplean para su gestión.
- **Dialéctico:** Se realizó un estudio de todos los procesos que intervienen en el sistema de gestión a implementar, considerando que constantemente pueden estar sujetos al cambio.
- **Observación:** Como instrumento para adquirir conocimiento sobre la gestión de información de proyectos de investigación a través de procedimientos o técnicas (las entrevistas).
- **Análisis de antecedentes:** Se aplicó en el análisis de las plataformas identificadas relacionadas a la gestión de información de proyectos de I+D+i.
- **Análisis de documentos:** Consultar y analizar información referente a la gestión documental de los proyectos de I+D+i, cómo deben ser registrados, procesados y las pautas que se deben seguir.

Certificación de proyectos

Al final de cada trimestre (marzo, junio, septiembre y diciembre), la Entidad Ejecutora Principal realiza la Certificación de Actividades. Para ello, el Consejo Científico o el Técnico Asesor, según corresponda, de la misma, analiza el cumplimiento de las actividades que culminan dentro del período y lo plasma en el modelo Certificación de Actividades (Anexo 15). Cuando se informa el dictamen de actividades del primer Semestre en junio y segundo Semestre en diciembre va incluido el segundo y el cuarto trimestre. (Gómez, Cruz, Páez, & González, 2020).

El director de la Entidad Ejecutora Principal envía el modelo Certificación de Actividades al secretario ejecutivo de Programa. Según la calificación propuesta, el secretario ejecutivo de Programa emite el modelo Notificación de Ingresos/ Gastos (Anexo 16) en original y dos copias. Envía el original a la Entidad Ejecutora Principal, entrega una copia al Financista y archiva la segunda copia en el Expediente Único de Programa. En el modelo Notificación de Ingresos/Gastos, el secretario ejecutivo de Programa plasma las cifras que se autorizan a reflejar como gastos e ingresos. Al recibir la Notificación de Ingresos/Gastos, el Ejecutor traslada a la cuenta Costo de investigaciones certificadas, la cifra autorizada a reflejar como gasto y, descarga la cuenta Actividad investigativa fundamental en proceso. Seguidamente, traslada a ingreso, en la cuenta Venta de investigaciones certificadas, la cifra autorizada. Procede a efectuar la remuneración por participación en programas y proyectos a los trabajadores, y mantiene el resto del anticipo recibido en la cuenta Cobros anticipados de proyectos.

Al recibir la Notificación de Ingresos/Gastos, el Financista depura la cuenta Pagos anticipados de proyecto contra la Cuenta 870 Gastos corrientes de la entidad, por la cifra que se autorizó a la Entidad Ejecutora Principal a ingresar en la cuenta Venta de investigaciones certificadas. Si el proyecto se evalúa como atrasado, la Entidad Ejecutora Principal debe aplicar lo estipulado para los Proyectos Atrasados.

Resultados

Todo proceso de negocio es legislativamente dependiente de las reglas de negocio predefinidas para el diseño del proceso. Su ejecución se caracteriza por el empleo de datos manipulados por un conjunto de actividades en las que participan agentes o actores acorde a un flujo de trabajo (Pressman, 2007).

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se propone el desarrollo de un sistema para la gestión y administración de la información de los proyectos de investigación desarrollo e innovación. El sistema debe contar con 3 módulos, el primero que abarque la gestión de proyectos con miembros asociados, el segundo encargado de la certificación de un periodo de evaluación y el tercero para la gestión documental. También debe tener la autenticación y gestión de usuarios con los roles de Gestor de proyecto, Administrador general y jefe de proyecto para garantizar una mayor seguridad.

El módulo de gestión de proyectos con miembros asociados debe permitir añadir, vincular, editar y quitar a un miembro de un proyecto. Se recogen los datos personales y datos profesionales del miembro para realizar dichas acciones. Debe contar con la creación y eliminación de periodos de evaluación y generación de una tabla con la relación de salarios de los miembros y del jefe del proyecto que se está administrando, la cual también puede ser exportada a PDF.

La certificación de un periodo de evaluación de un proyecto debe tener un listado de los miembros evaluados y no evaluados y permitirá editar o crear una evaluación nueva miembro por miembro. Con una evaluación terminada debe generar las actas correspondientes al anexo 26 y poder exportarlas a formato PDF.

La gestión documental debe mostrar un árbol de directorios en el cual se listan todos los documentos asociados a un periodo de un proyecto en específico, también debe permitir subir, eliminar y descargar documentos.

Requisitos del sistema

Para dar solución a la problemática planteada se propone el desarrollo de un sistema web que cuenta con tres módulos de gestión. Los requisitos funcionales son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema, la forma en que debe reaccionar ante ciertas entradas y cómo se debe comportar en situaciones particulares (Sommerville, 2007). En el análisis realizado se identificaron 39 requisitos funcionales que van desde la gestión de usuarios, proyectos, participantes, certificaciones, generación de documentos y la gestión documental.

Historias de usuario

La especificación de requisitos establece la base para el acuerdo entre usuarios y desarrolladores de software, quedando definido el comportamiento deseado del producto (IEEE, 2004).

Las historias de usuario constituyen el artefacto utilizado para describir las funcionalidades del sistema. Contienen una breve descripción del comportamiento del sistema desde la perspectiva del usuario y representan un medio de comunicación entre el mismo y el equipo de desarrollo. La Tabla 1 presenta la historia de usuario correspondiente al requisito funcionales " Crear proyecto ".

Tabla 1. HU del requisito Crear Proyecto. Fuente: los autores.

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-02	Usuario: Jefe de proyecto
Nombre de la historia: Crear proyecto.	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Puntos estimados: 20	Iteración asignada: 2
Programador responsable: desarrollador 1	
Descripción: El <i>software</i> debe permitir crear un proyecto mediante una vista con un formulario. Se recogen los siguientes datos: nombre del proyecto, código único del proyecto, nombre abreviado, tipo de proyecto (Nacional, Sectorial o Institucional), logo del proyecto (opcional), área administrativa, programa al que corresponde y resumen del proyecto.	
Observaciones: Esta historia de usuario está habilitado solo para el usuario con el rol jefe de proyecto.	
Prototipo de interfaz de usuario:	

Insertar proyecto

Nombre del proyecto Escriba el nombre completo	Código del proyecto Código del proyecto
Nombre abreviado Escriba las siglas identificativas	Tipo Nacional
Logo del proyecto Examinar... No se ha seleccionado ningún archivo.	Entidad ejecutora principal Entidad ejecutora principal a la que pertenece
Programa Programa al que pertenece	Entidad ejecutora participante Entidad ejecutora participante a la que pertenece
Fecha de inicio dd/mm/aaaa	Fecha de terminación dd/mm/aaaa
Director de la entidad Nombre y apellidos del director de la entidad	Resumen del proyecto Breve descripción o resumen del proyecto

El modelo relacional se desarrolló en el IDE JetBrains Pycharm para el diseño y análisis lógico de los datos. La figura 1 representa la relación de sus tablas.



Figura 1. Modelo de datos relacional del sistema de administración de proyectos de I+D+i. Fuente: los autores.

En la figura 1 se muestra el modelo relacional donde se representa cada entidad usada en el sistema y sus respectivos atributos. Las tablas *core_recursohumanos* y *core_evaluation* contienen una relación mucho a muchos añadiendo atributos extras entre *core_miembro* y *core_proyecto*. La tabla *user_user* está relacionada con las demás tablas de permisos y grupos generadas por el *framework* usado, entre ellas manejan toda la gestión de usuarios y permisos, incluyendo la autenticación.

Diagrama de componentes

En la implementación, a partir de los resultados del Análisis y Diseño se construye el sistema como se concibió, en esta disciplina los autores deciden la elaboración del artefacto que describe la implementación del diseño. En este artefacto se especifican todas las características de implementación de cada tipo de componente de producto. Para un mayor entendimiento, se describe el diagrama de componentes relacionado con la implementación de la HU 2: Crear proyecto:

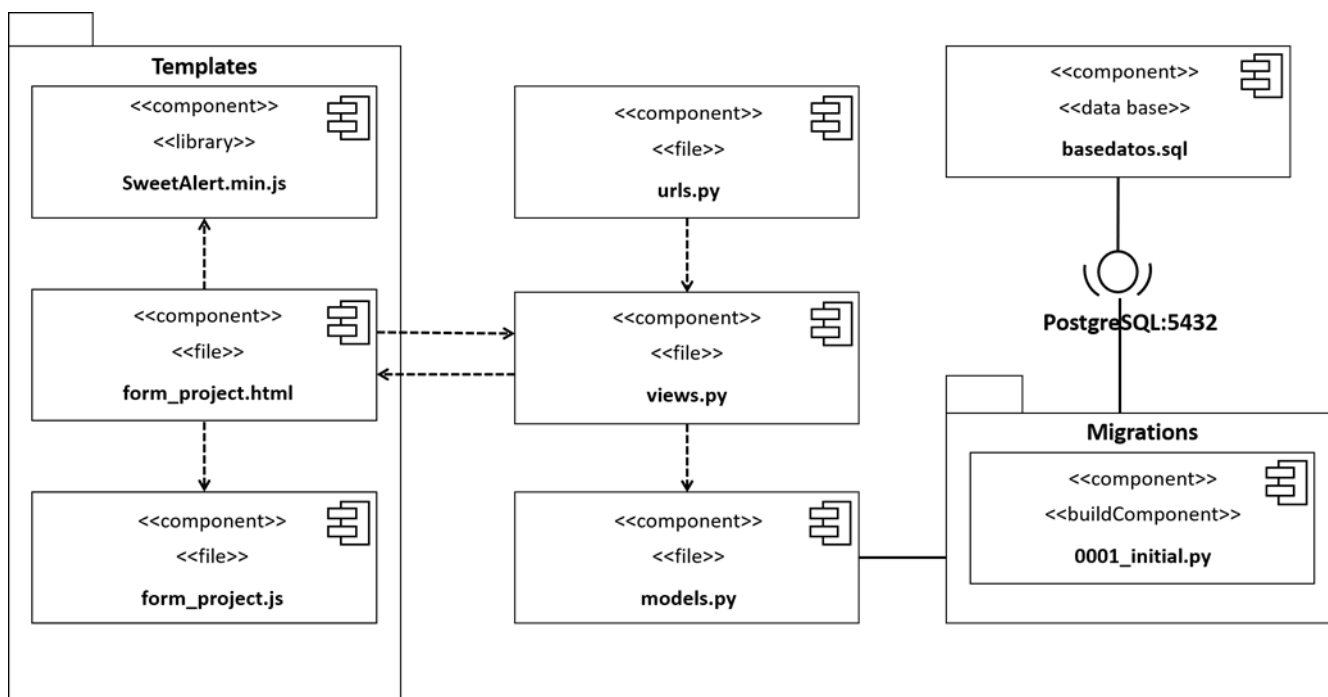


Figura 2. Diagrama de componentes correspondiente a la HU 2 Crear proyecto. Fuente: los autores.

Los estándares de codificación son una práctica recomendada para desarrollar software de alta calidad, establecen criterios únicos que los desarrolladores deben implementar cuando codifican. Lo anterior permite que el código fuente pueda ser entendido por cualquier miembro del equipo de desarrollo, y a su vez permite que el código pueda ser modificado por otra persona evitando que tenga que escribir la totalidad del código, lo que ocasionaría costos extras y mayor tiempo del requerido. Entre los estándares empleados se manifiestan los siguientes:

- **Grosor de línea:** Cada línea de código no debe exceder los 80 caracteres en la medida de lo posible (en circunstancias especiales, puede exceder ligeramente los 80, pero la más larga no puede exceder los 120).
- **Declaración de importancia:** Las declaraciones de importancia deben organizarse en orden y deben ser separadas por una línea en blanco entre cada grupo. Deben colocarse al principio del archivo, después de la descripción del módulo y la cadena de documentos, y antes de las variables globales.

- **Líneas en blanco:** Dos líneas en blanco entre las funciones de nivel de módulo y las definiciones de clase. Línea en blanco entre las funciones de los miembros de la clase. Las líneas en blanco se pueden utilizar en funciones para separar códigos relacionados lógicamente.
- **Espacio:** Un espacio a cada lado del operador binario [=, -, +=, ==, >, in, is not, and].
- **Comentario de línea:** Usa al menos dos espacios para separar la declaración, y los comentarios no pueden ser sin sentido.

Estrategia de pruebas

Una estrategia de prueba del software integra los métodos de diseño de caso de pruebas del software en una serie bien planeada de pasos que desembocará en la eficaz construcción del mismo. La estrategia proporciona un mapa que describe los pasos que se darán como parte de la prueba, indica cuándo se planean, cuándo se dan estos pasos, además de cuanto esfuerzo, tiempo y recursos consumirán. Por tanto, cualquier estrategia de prueba debe incorporar la planeación de pruebas, el diseño de casos de pruebas, la ejecución de pruebas, la recolección y evaluación de los datos resultantes. (Pressman, 2007) La estrategia de prueba debe indicar los niveles de pruebas (ciclos) que se aplican y la intensidad o profundidad a aplicar para cada nivel de prueba definido.

Pruebas unitarias. Método de caja blanca. Técnica de camino básico:

Las pruebas unitarias consisten en la verificación del correcto funcionamiento de una unidad de código. Suelen ser realizadas por los desarrolladores, ya que es importante conocer el código fuente del programa y mejoran la calidad del software evitando errores de programación. En este tipo de prueba se aplicó el método de caja blanca al método `post ()` de la clase `ProjectListTest ()` utilizando la técnica de camino básico. La figura 3 muestra los métodos anteriormente mencionados:

```

101 def post(self, request: HttpRequest, *args: list, **kwargs: dict):
102     1 data = {}
103     2 try:
104         3 action = request.POST['action']
105         4 if action == 'delete':
106             { project = Proyecto.objects.get(pk=request.POST.get('pk'))
107             5 { project.active = True
108             { project.save()
109         else:
110             6 data['error'] = 'Ha ocurrido un error'
111     except Exception as e:
112         7 { data['error'] = str(e)
113         { return JsonResponse(data, safe=False)
114     8 return JsonResponse(data, safe=False)
    
```

Figura 3. Código del método a realizar la técnica de camino básico. Fuente: los autores.

Para obtener la cantidad de casos de prueba a partir de esta técnica se debe construir el grafo correspondiente al código de la función de la siguiente manera:

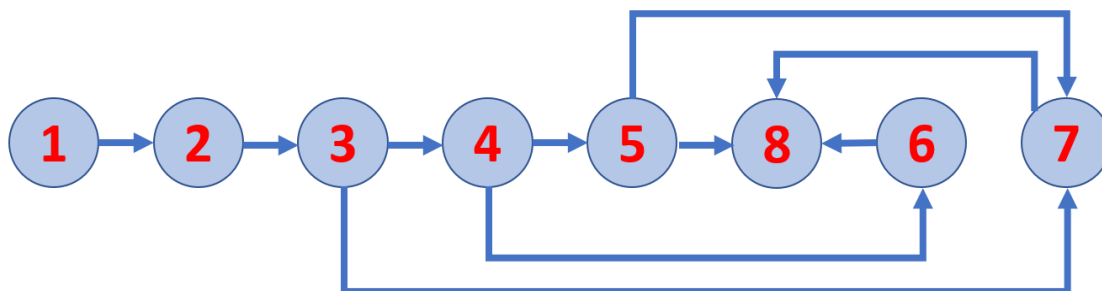


Figura 4. Grafo de flujo del método Post. Fuente: Elaboración propia.

Luego de tener elaborados el Grafo de flujo y los caminos a recorrer, se preparan los casos de prueba que forzarán la ejecución de cada uno de esos caminos, cada camino básico es un caso de prueba a realizar. En este caso se obtuvieron cuatro caminos básicos, que dan lugar a la confección de igual número de casos de pruebas.

Tabla 2. Caso de prueba para el camino básico 1. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Verificar que exista el proyecto buscado
Condición de ejecución	Que exista una petición por el método POST con la variable <i>action</i> y que sea igual <i>delete</i> .
Entrada	Variable <i>action</i> y variable <i>pk</i>
Resultado	Envía una respuesta sin contenido en formato JSON

Django proporciona un marco de prueba con una pequeña jerarquía de clases que se basan en la librería unittest estándar Python. A pesar del nombre, este marco de prueba es adecuado tanto para pruebas unitarias como de integración. El marco de Django agrega métodos y herramientas API para ayudar a probar el comportamiento web y específico de Django. Estos le permiten simular solicitudes, insertar datos de prueba e inspeccionar la salida de su aplicación (MDN Web docs, 2022).

Se realizaron un total de cinco pruebas:

1. Creación de 13 proyectos y listarlos.
2. Comprobar que la paginación es de 10.
3. Comprobar que la ruta es accesible por el nombre.
4. Comprobar que la ruta exista en una localización deseada.
5. Comprobar que use correctamente la plantilla seleccionada.

Se le realizó a la presente propuesta de solución el método de caja negra mediante la técnica de partición equivalente. Se tomó como base todos los requisitos funcionales, generándose un total de 6 Diseños de Casos de Prueba (DCP), los cuales se encuentran en el Expediente de Proyecto. La tabla 3 muestra los resultados obtenidos una vez aplicadas las pruebas:

Tabla 3. Resultados del método de caja negra mediante la técnica partición equivalente en las pruebas de aceptación. Fuente: los autores.

No. Iteración	NC	Funcionalidad	Interfaz	Correspondencia	Resueltas
1	11	3	6	2	11
2	4	1	2	1	4
3	0	0	0	0	0
Total:	15	4	8	3	15

Las causas de las no conformidades fueron:

- Errores de interfaz: paneles que no cumplían con las pautas de diseño establecidas. Errores de correspondencia: las descripciones de varios escenarios no están en correspondencia con su nombre. Errores de funcionalidad: algunos formularios no enviaban los datos correctamente y algunos botones no funcionaban.

En cada una de estas iteraciones se corrigieron las no conformidades detectadas, lo que trajo consigo que en la tercera iteración no se detectaron, demostrando así la calidad de la propuesta de solución, y a su vez, el cumplimiento de los objetivos del trabajo.

Resultados de las pruebas de rendimiento y resistencia:

Una prueba de rendimiento y resistencia se realiza generalmente para observar el comportamiento de una aplicación bajo una cantidad de peticiones esperada. El sistema se prueba con un número esperado de usuarios concurrentes utilizando la aplicación y que realizan un número específico de transacciones durante el tiempo que dura la prueba. Esta prueba puede mostrar los tiempos de respuesta de todas las transacciones importantes de la aplicación. Para llevar a cabo las pruebas de rendimiento y resistencia se utilizó la herramienta JMeter 2.12. La prueba consistió en realizar a una funcionalidad tres pruebas de 50, 100 y 200 hilos, los cuales simulan 50, 100 y 200 accesos de usuarios respectivamente. Se definió una lista de enlaces a los que se simuló el acceso aleatorio y a partir de ahí, se recolectaron los datos necesarios para su interpretación.

Tabla 4. Resultados de las pruebas de rendimiento y resistencia. Fuente: los autores.

Aplicado a:	Cantidad de hilos	Tiempo de ejecución (ms)			Rendimiento		
		Min.	Max.	Media	% Error	Pet/seg	Kb/seg
Crear salida	50	232	1683	963	0	18.6	133.2
	100	471	1724	1116	0	25.8	185.2
	200	624	1832	1358	0	36.2	231.3

Las pruebas (Tabla 4) mostraron que el uso del sistema por múltiples usuarios no afecta su rendimiento y es posible su funcionamiento de forma concurrente, propiciando que varios gestores lo utilicen de forma simultánea,

Conclusiones

La definición de las herramientas, metodologías y tecnologías propiciaron la implementación exitosa del sistema, cumpliendo de esta forma con el objetivo general. Los elementos ingenieriles y el uso del método científico propiciaron un correcto entendimiento y diseño de la propuesta de solución. El sistema es capaz de gestionar efectivamente y en tiempos relativamente pequeños los elementos administrativos para la certificación de proyectos de I+D+i. Las pruebas unitarias y funcionales permitieron validar el correcto funcionamiento del sistema desarrollado, logrando así los objetivos propuestos en la investigación.

Referencias

- Salcedo, R. (05 de 09 de 2020). Web oficial de Universidad de San Martín de Porres. Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info46/sistemas/articulo3.htm>
- Azuero, Á. E. A. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 4(8), 110-127.
- COLCIENCIAS. (13 de 05 de 2022). Departamento administrativo de ciencia, tecnología e innovación. Obtenido de <https://legadoweb.minciencias.gov.co/faq/qu-es-un-proyecto-de-innovacion-tecnologica>
- Tafur, R., & Izaguirre, M. (2022). Cómo hacer un proyecto de investigación. Alpha Editorial.
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2013). Definición De. Obtenido de <https://definicion.de/proyecto-de-investigacion/>
- García-González, J. R., & Sánchez-Sánchez, P. A. (2020). Diseño teórico de la investigación: instrucciones metodológicas para el desarrollo de propuestas y proyectos de investigación científica. Información tecnológica, 31(6), 159-170.
- Rodríguez Cardona, M., & Cobas Aranda, D. (2010). Metodología de evaluación de impactos de proyectos de investigación. Obtenido de International Nuclear Information System (INIS): <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/45/078/45078486.pdf>.
- Gómez, J., Cruz, R. O., Páez Mro, M., & González, Y. (2020). Indicaciones metodológicas para la actividad de programas y proyectos de CTI. La Habana: CITMA.
- Pressman, R. (2007). Ingeniería de Software. Un enfoque práctico (ed.: Mc Graw Hill ed.).
- Villavicencio, M. V. (2019). Internacionalización de la educación superior en Cuba. Principales indicadores. Economía y desarrollo, 162(2).
- Sommerville, I. (2007). Software Engineering. Edtion ed.: Pearson Education.
- IEEE. (2004). Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK).
- MDN web docs. (27 de 4 de 2020). developer.mozilla.org. Obtenido de developer.mozilla.org: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript>
- Azuero, Á. E. A. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 4(8), 110-127.
- Botella, A. M., & Ramos, P. (2019). Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos. Una revisión bibliográfica. Perfiles educativos, 41(163), 127-141.