



# Capítulo 5

## Sistema de información *ActivosID* para la gestión documental en el acuerdo N.º 3 Ecopetrol-UPB: un caso de estudio

Diana Teresa Gómez Forero<sup>1</sup>  
Víctor Andrés Monroy Hernández<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Docente investigadora, Grupo de investigación INTELEC, UPB. Correo electrónico: [diana.gomez@upb.edu.co](mailto:diana.gomez@upb.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero de Sistemas e Informática, UPB. Correo electrónico: [victor9507@gmail.com](mailto:victor9507@gmail.com)



## Resumen

En este capítulo se presenta una síntesis del aplicativo denominado *ActivosID*, que es un sistema de información web para la gestión documental de los informes de investigación del convenio marco de cooperación científica y tecnológica entre Ecopetrol (empresa de *oil & gas*) y la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, cuyo propósito es la optimización del mantenimiento de activos I+D distribuidos en plantas y laboratorios del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP).

*ActivosID*, surge como respuesta a la medida, de una necesidad de gestión documental en línea de informes de investigación para una alianza entre dos instituciones. El acuerdo tiene como valor esencial el cumplimiento oportuno de las metas, soportado por informes que son evaluados por una cadena de investigadores-supervisores de las dos instituciones aliadas.

A lo largo del documento se introduce el esquema de funcionamiento investigativo y administrativo del equipo humano de trabajo que conforma la alianza y sus roles en el sistema, que se resumen en los requerimientos funcionales. Se justifica la metodología evolutiva empleada en el desarrollo del software, y la aplicación de la política cero papel como lineamiento del proyecto. También se muestra el entorno tecnológico configurado para la implementación del sitio web, así como aspectos de seguridad informática aplicados hasta alcanzar el certificado de seguridad del sitio. Podrán apreciarse algunas de las interfaces de usuario del aplicativo web, que soportan porque el aplicativo fue un desarrollo a la medida.

Finalmente, se muestran las ventajas obtenidas con el uso del software, indicadores de cumplimiento, ahorro de papel, y propiedad intelectual del software.

**Palabras clave:** sistema de información, sistema de gestión documental.

## 5.1 Introducción

El Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) es el Centro de Innovación y Tecnología de Ecopetrol. El ICP posee una importante infraestructura de activos I+D en sus plantas y laboratorios que posibilitan la investigación que allí se desarrolla. Dada la alta dependencia que genera la disponibilidad de estos equipos para el cumplimiento en las investigaciones, y los costos de mantenerlos en funcionamiento, el proceso de mantenimiento es muy sensible para la empresa. Con el propósito de optimizar este proceso, Ecopetrol suscribió un convenio marco de cooperación científica y tecnológica con la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga (UPB), el cual se desarrolla por fases. El acuerdo N.º 3 (en adelante el Acuerdo), conocido como el *nivel instrumental*, está enfocado en la fase de levantamiento de la información de los activos I+D, sus costos, la definición de indicadores clave de desempeño, entre otros aspectos. La duración de este Acuerdo es de un año.

Para cumplir con este propósito, el Acuerdo cuenta con un equipo humano compuesto por líderes de las dos instituciones, docentes investigadores, estudiantes y administrativos [1], quienes tienen asignadas funciones específicas, metas de cumplimiento y fechas de entrega según sus roles, así:

- Líder UPB: orienta todo el proceso investigativo, consolida resultados en forma mensual y trimestral, y responde ante las instancias superiores por el desarrollo del proyecto.
- Líder ICP: acompaña el proceso investigativo y verifica su cumplimiento, gestiona ante las instancias de su institución para lograr la cooperación requerida para el exitoso desarrollo del mismo.
- Equipo máquinas: compuesto por ocho docentes investigadores, cada uno dirige un estudiante. Se distribuyen el levantamiento de la información de los activos I+D en laboratorios y plantas.
- Equipo costos: compuesto por dos docentes investigadores, cada uno dirige un estudiante. Documentan los sistemas de costos actuales relacionados con los activos I+D y proponen alternativas de optimización de ellos.

- Equipo gestión: compuesto por dos docentes investigadores, cada uno dirige un estudiante. Analizan los procesos de gestión de activos I+D actuales y proponen alternativas de optimización.
- Equipo SAP: compuesto por un docente investigador, quien dirige a un estudiante. Estudia el sistema de información SAP que apoya el proceso de mantenimiento actual, lo documenta para ser usado en el proceso de optimización que se propone.
- Equipo documental: compuesto por un docente investigador, quien dirige a un estudiante. Desarrollan una solución software a la medida para la gestión documental del Acuerdo.
- Equipo administrativo: facilita todo el proceso de gestión entre las dos instituciones.
- Un auditor de Ecopetrol: verifica el cumplimiento de todos los aspectos incluidos en el Acuerdo.

La figura 5.1 ilustra el organigrama del Acuerdo N.º 3.

El cumplimiento en las metas de investigación es fundamental en el Acuerdo, por ello se estableció una cadena de control por roles:

- El avance de la investigación es orientado y realimentado con reuniones semanales de todos los miembros del equipo.
- Cada estudiante dirigido por su docente investigador reporta su trabajo en un informe mensual.
- Cada docente investigador reporta su informe mensual, solo después de avalar el trabajo de su estudiante dirigido.
- La líder UPB y el líder ICP, avalan el informe de cada docente investigador.
- Trimestralmente la líder UPB consolida los avances a partir de los informes anteriores y los presenta ante las instancias encargadas de la auditoría del Acuerdo.

Los entregables mensuales tienen definidas ciertas fechas límite de entrega como lo muestra la tabla 5.1.

De otro lado, los desembolsos por parte de Ecopetrol se realizan periódicamente luego de confirmar los cumplimientos establecidos.

Figura 5.1. Organigrama del Acuerdo N.º 3

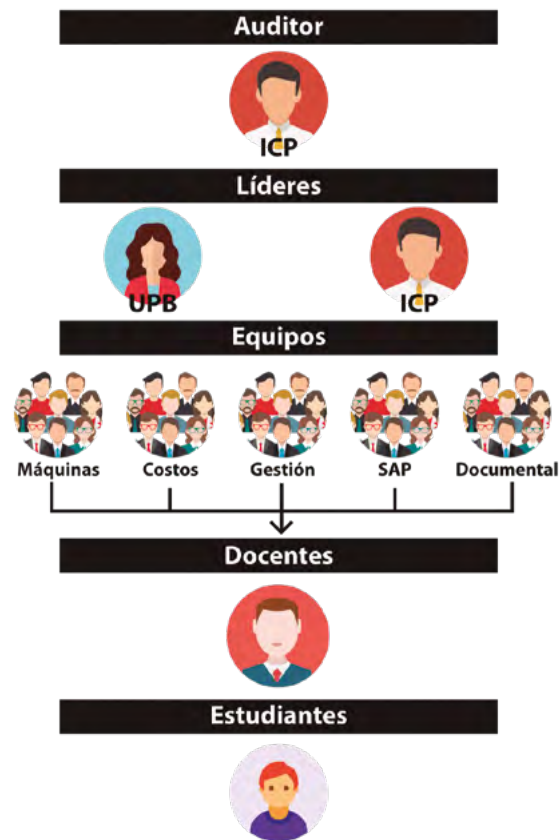


Tabla 5. 1. Fechas de entregas mensuales según el rol

Cargo	Fecha
Estudiantes	Día 30 de cada mes
Docentes	Día 2 de cada mes
Líder	Día 4 de cada mes
ICP (Visto Bueno)	Día 6 de cada mes

Fuente: [2].

Todo el proceso investigativo y administrativo anterior genera un volumen muy alto de documentos y una sobrecarga laboral en el cumplimiento de las actividades de verificación de informes, manejo de versiones, consolidación, aceptación, entre otros. Archivar esta documentación en físico, considerando algunos estilos de auditoría que aún demandan revisión sobre papel, involucra requerimientos de espacio, de control de versiones y sobrecostos administrativos y ecológicos. De otro lado, considerar la alternativa de desarrollar toda la documentación en formato digital demanda evaluar cuáles herramientas software existen que faciliten la gestión documental en medio de las características de operación particulares del Acuerdo y que la auditoría pueda encontrar todos los soportes que su ejercicio demanda sin desgastarse en búsquedas en diferentes repositorios, buzones de correos, bases de datos de las dos instituciones involucradas en el Acuerdo.

En la exploración de herramientas software de gestión documental, se encontró que cada institución posee plataformas con algunas funcionalidades que podrían apoyar parcialmente las necesidades de manejo de información del Acuerdo:

- La suite de Microsoft opera en ambas instituciones, sin embargo, ninguna de las instituciones puede brindar cuentas a usuarios que no pertenezcan oficialmente a su institución. Además, el envío de informes por correo no resulta eficiente para el trabajo de verificación y consolidación que la líder UPB realiza mensual y trimestralmente. Y sus módulos, como el *OneDrive*, aunque brindan espacio compartido, no garantizan todas las restricciones de confidencialidad entre roles, ni favorece el compromiso de los dos líderes UPB e ICP, para avalar en conjunto los informes mensuales de los docentes investigadores.
- Moodle es una plataforma que opera en la UPB para apoyar el aprendizaje, posee características interesantes que se asimilan a algunas de las necesidades de información del Acuerdo: es factible crear buzones para envío de informes con restricciones de fecha. Sin embargo, no asegura la cadena de control por roles descrita anteriormente. Y tampoco garantiza la confidencialidad exigida por el acuerdo.

- Ecopetrol es una empresa con altos niveles de madurez con relación al software y, en consecuencia, es muy restrictiva en permitir que alguna herramienta desarrollada en software libre sea instalada en sus servidores.
- La UPB por su carácter académico, puede permitir el uso del software libre dentro de criterios responsables y controles garantizados por la institución.
- No se visualizó una herramienta de gestión documental que se adaptara al 100 % de los requerimientos más prioritarios del Acuerdo.

Frente al anterior análisis, se consideró que al desarrollar una herramienta de gestión documental a la medida de las necesidades del Acuerdo, esta debería cubrir aspectos de confidencialidad, disponibilidad y seguridad de la información, aportar en la trazabilidad que demandan líderes de investigación y administrativos de las dos instituciones y, por lo tanto, debería poseer características que favorecieran el cumplimiento de todos los miembros del Acuerdo dentro de sus respectivos roles.

En relación con la herramienta, algunos aspectos fueron claros desde el principio:

- Ambiente web adaptable a dispositivos móviles.
- Debe quedar instalada en el Centro de Computación Avanzada (CCA) de la UPB, donde se garanticen altos estándares de seguridad informática.
- Debe brindar acceso diferenciado y restringido a sus usuarios según corresponda a sus roles dentro del Acuerdo.

Otros requerimientos no estaban definidos y solo con el avance del proyecto irían apareciendo. Por lo tanto, se visualizó que la metodología para el desarrollo del software tomó una orientación evolutiva.

Una vez analizado el escenario del Acuerdo y los requerimientos para una gestión efectiva de la documentación, este artículo presentará en la segunda sección el marco teórico en lo concerniente

al modelo evolutivo de desarrollo de software, a la política cero papel que debe orientar los procesos de este Acuerdo, un breve resumen de las tecnologías más relevantes y adecuadas para el desarrollo del aplicativo web, aspectos de seguridad informática que deben aplicarse y conceptos de propiedad intelectual que aplicarán sobre el software desarrollado. En la sección siguiente, se presentarán los resultados del proyecto, los cuales se pueden categorizar en aspectos de especificación de requerimientos, consideraciones del diseño general y detallado de la aplicación, aspectos de seguridad implementados, consideraciones para la definición de la propiedad intelectual del software, efectos de la implementación de la política cero papel en el Acuerdo como consecuencia del uso del software *ActivosID*, finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones, los agradecimientos y las referencias bibliográficas.

## 5.2 Marco teórico

### 5.2.1 Modelo evolutivo de desarrollo de software

La metodología evolutiva de desarrollo de software, toma en consideración que en algunos escenarios se requiere el desarrollo de un software con un propósito específico, pero que sus funcionalidades no están claramente delimitadas desde el inicio, sino que el software crecerá en la medida que el proyecto avance, o el mismo software vaya presentando sus características y provea nuevas posibilidades de funcionamiento. En estos casos no se parte de una especificación de requerimientos completa, sino que se adicionan nuevos requerimientos en la medida en que surgen. Cada nuevo requerimiento pasa por etapas de especificación, análisis, diseño, implementación, y se entrega una versión funcional que los usuarios utilizan, y gracias a sus reportes de uso, es mejorada hasta que queda en su versión de producción cuando ya no se reportan nuevos aspectos de mejora [4]. Luego, otros requerimientos nacerán y se repetirán los anteriores pasos hasta llegar a una versión final del sistema. La figura 5.2 ilustra este modelo de desarrollo, aplicable para sistemas que crecen con el avance de sus proyectos.

Figura 5.2. Metodología evolutiva



## 5.2.2 Política cero papel

La política denominada *cero papel*, emanada de la Directiva Presidencial N.º 04 de abril 3 de 2012, consiste en la "sustitución de los flujos documentales en papel por soportes y medios electrónicos, sustentados en la utilización de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones" [22]. Esta estrategia busca reducir el impacto ambiental generado por el consumo de papel en las instituciones del gobierno y mejorar la eficiencia administrativa mediante procesos apoyados en las TIC.

Esta directiva demanda de las entidades gubernamentales [23, 24, 25, 26]:

- Realizar un diagnóstico y establecer una línea base de cuánto se consumen en papel actualmente.
- Promover el cambio de cultura organizacional.
- Incorporar esquemas de gestión de documentos, con base en el análisis de los procesos y negocios de la entidad.
- Automatizar todos los procesos y procedimientos críticos.

## 5.2.3 Tecnologías adecuadas para el sitio web

Dado el requerimiento de un aplicativo web adaptable a dispositivos móviles, que resida en servidores del CCA, las siguientes tecnologías resultan útiles para obtener el software esperado:

**PHP:** "Es un lenguaje de programación de código abierto del lado del servidor y multiparadigmático diseñado originalmente para el desarrollo web de contenido dinámico" [33]. Está respaldado por una gran comunidad de desarrolladores que brindan soporte a través de redes del conocimiento en esta tecnología.

**HTML5:** "Es un lenguaje de maquetación utilizado para definir la estructura y contenido de una página o documento web" [34]. Fue seleccionado debido a que es un estándar estable que soporta la utilización de recursos multimedia y gráficos del lado del cliente, y establece excelente comunicación con el servidor.

**CSS3:** "Es un lenguaje de diseño gráfico utilizado para definir la presentación (aspecto visual) de un documento HTML o página web" [35]. Permite estandarizar aspectos de estilo del sitio.

**BOOTSTRAP:** "Es un framework o conjunto de herramientas de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web. Contiene plantillas de diseño con tipografía, formularios, botones, cuadros, menús de navegación y otros elementos de diseño basados en HTML y CSS, así como extensiones de JavaScript opcionales adicionales" [29]. La utilización de Bootstrap en el desarrollo del proyecto agiliza los tiempos de desarrollo ya que este framework cuenta con diseños ya predefinidos para su utilización.

**JAVASCRIPT:** "Es un lenguaje de programación interpretado, se utiliza principalmente del lado del cliente, implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas. JavaScript se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico" [27]. La importancia de JavaScript en el sistema de gestión documental es que permite mejorar la interacción con el usuario ya que proporciona funcionalidades a los elementos gráficos que conforman la interfaz, por ejemplo, menús desplegados enriquecidos, cambios de imágenes al realizar una acción, entre otros.

**JQUERY:** "Es una biblioteca multiplataforma de JavaScript, que permite simplificar la manera de interactuar con los documen-

tos HTML, manipular el árbol DOM (jerarquía de etiquetas HTML), manejar eventos, desarrollar animaciones y agregar interacción con la técnica AJAX a páginas web" [28]. Gracias a JQUERY se puede manejar de forma más sencilla e intuitiva el lenguaje al lado del cliente, que en el caso del sistema de gestión documental es JavaScript. JQUERY permite utilizar AJAX que es una tecnología que permite comunicar el lado cliente con el servidor web sin tener que recargar la página [30].

**MYSQL:** "Es un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto, licenciado bajo la GPL de la GNU" [31]. Utiliza el lenguaje de consultas SQL. Una vez especificados y analizados los requerimientos del sistema de gestión documental se evidencia la necesidad de utilizar una base de datos relacional, y MySQL reúne las capacidades para responder a las necesidades del proyecto.

### 5.2.4 Herramientas y ataques de seguridad

El Acuerdo demanda integridad, confiabilidad y disponibilidad de la información que se aloje en el sistema de gestión documental. Para lograrlo debe asegurarse el sitio web y para ello se requiere de ciertas herramientas:

**NMAP:** Es un software de código abierto que se utiliza para la exploración de red y auditorías de seguridad informática. Esta herramienta determina cuáles servidores (*host*) están disponibles en la red, qué servicios están ofreciendo los *hosts*, cuál sistema operativo se está ejecutando, entre otras muchas características. La información que proporciona esta exploración a la red es de utilidad para la detección de posibles vulnerabilidades y ataques [10, 11].

**NESSUS:** Es una aplicación que se utiliza para el escaneo de vulnerabilidades en diversos sistemas operativos. Cuenta con una biblioteca actualizada de más de 59.000 complementos (*plugins*) que la convierten en una de las herramientas más potentes para el aseguramiento de software [12].

### 5.2.5 Propiedad intelectual

La propiedad intelectual de un software se determina según normativas internacionales de derecho de autor. En primera instancia, es importante reconocer que el software, en términos de propiedad intelectual, se asimila a obras literarias. Por ello los siguientes conceptos son relevantes:

- **Derechos morales:** Consisten en el reconocimiento de quién es el autor de la obra realizada y el respeto a la integridad de la misma. Los derechos morales surgen en el instante de la creación de la obra, el artista no puede renunciar o ceder estos derechos [15].
- **Derechos patrimoniales:** Hacen referencia a la explotación económica de la obra, por tanto, los derechos patrimoniales se pueden ceder a otras personas. [15]
- **Obra por encargo:** Se entiende de esta forma cuando la obra ha sido creada en el desarrollo de un contrato de prestación de servicios, caso en el cual la ley presume que la titularidad de los derechos patrimoniales o económicos, la tiene el contratante que ha señalado el plan de su desarrollo y que asume el costo y responsabilidad de la misma [16].

## 5.3 Resultados

Como resultado de uno de los objetivos del Acuerdo, se desarrolló el sistema de información web *ActivosID*, el cual es accesible a través de la ruta <https://activosID.bucaramanga.upb.edu.co/>. El sitio corresponde a los descritos en los literales que se presentan a continuación.

### 5.3.1 Especificación de requerimientos

**Alcance del sistema:** *ActivosID* es un software web adaptable a dispositivos móviles, con certificado de seguridad https que gestiona la información de los miembros del Acuerdo del convenio de coo-



peración científica y tecnológica entre Ecopetrol y la UPB según los requerimientos aprobados por los líderes del proyecto.

**Requerimientos funcionales:** En forma resumida, los líderes del Acuerdo establecieron los siguientes requerimientos:

- RF\_1: Cuentas de usuario a los integrantes del Acuerdo, con acceso restringido según sus roles de estudiante, docente investigador, líder UPB, líder ICP.
- RF\_2: Inicio de sesión.
- RF\_3: Mis entregables: buzón para entrega de informes por cada período, por cada usuario.
- RF\_4: Estudiantes: los docentes podrán visualizar los estudiantes a su cargo.
- RF\_5: Revisión de documentos: el docente podrá revisar los entregables de sus estudiantes a cargo.
- RF\_6: Informes: el líder UPB o ICP, podrá listar todos los documentos mensuales, y administrar el documento consolidado: subir, descargar y eliminar.
- RF\_7: Líder ICP: podrá visualizar, descargar y calificar los informes de la líder UPB.
- RF\_8: Funcionario DIT: la responsable por parte de la Dirección de Investigación y Transferencia de la UPB (DIT) podrá visualizar, descargar y calificar los informes de la líder del proyecto. Este requisito es requerido para autorizar pagos.
- RF\_9: Profesional de apoyo: podrá visualizar y descargar los entregables de la líder UPB del proyecto, para crear los archivos físicos que irán a auditoría.
- RF\_10: Renombrar entregable: operación automática del sistema que renombra los archivos al momento de ser cargados por el usuario con nombres estándar configurados por la líder UPB.
- RF\_11: Limitar el número de entregas: el sistema solo permitirá un archivo como entregable del mes. Si los usuarios requieren más de un documento deberán subir archivos comprimidos. Esto elimina el riesgo de múltiples versiones en los entregables.
- RF\_12: Control de apertura y cierre del buzón a discreción de la líder UPB.

- RF\_13: Restricción del buzón del supervisor: dentro de la cadena de control de supervisión, para que el supervisor pueda subir un documento, primero el supervisado deberá subir su entregable y ser calificado, cuando esto suceda el buzón del supervisor estará abierto.
- RF\_14: Directorio de todos los usuarios del sistema.
- RF\_15: Seguimiento: listado de entregables subidos al sistema categorizados por año.
- RF\_16: Cambio de usuario: opciones de edición con los datos del usuario.
- RF\_17: Recaptcha: reconocimiento de imágenes al momento del *login* como medida de prevención que el sistema está siendo accedido por humanos y no por máquinas.
- RF\_18: Actas: espacio para acceso a las actas de las reuniones de los investigadores.
- RF\_19: Cambiar contraseña.
- RF\_20: Documentos de interés: espacio para compartir documentos de interés de todos los miembros del Acuerdo.
- RF\_21: Comparativo de estadísticas de puntualidad por mes. Todos los integrantes podrán visualizar estadísticas de cumplimiento de cada grupo del Acuerdo.
- RF\_22: Inhabilitar la funcionalidad de gestionar documentos para el rol de líder, con el fin de evitar duplicidad de la información.

#### Requerimientos no funcionales:

- RNF\_1: El lenguaje de programación con el cual se desarrollará el sistema de información no fue definido y será escogido por el desarrollador del proyecto.
- RNF\_2: El sistema de información debe tener una interfaz gráfica amigable e intuitiva para el usuario, la cual debe ser desarrollada usando los lenguajes HTML5, CSS3 y JavaScript.
- RNF\_3: El sistema de información en aspectos de usabilidad debe ser simple y amigable para no desorientar al usuario, también debe de tener instrucciones para que el usuario entienda cada una de las funcionalidades ofrecidas por el sistema.
- RNF\_4: El sistema de información debe estar alojado en el Centro de Computación Avanzada (CCA) de la UPB con el fin de que los



usuarios puedan acceder 24/7 desde cualquier parte con conexión a internet, y que se garantice un entorno informático seguro.

### 5.3.2 Diseño general y detallado

**Roles del sistema.** Los roles definidos para los usuarios del sistema de gestión documental son:

- Líder ICP
- Líder UPB
- Docente investigador
- Estudiante
- Auditor ICP
- Líder DIT
- Profesional de apoyo

**Diagramas de secuencia.** Mediante diagramas de secuencia con notación UML se representará la interacción de los roles en el sistema de gestión documental *ActivosID*.

**Inicio de sesión.** La funcionalidad *iniciar sesión* cumple el siguiente proceso: el usuario ingresa y envía sus datos de acceso, en este caso el correo electrónico institucional y su contraseña al sistema, estos son validados en la base de datos, si son correctos, el sistema autentica al usuario en la plataforma como se puede observar en la figura 5.3.

**Cargar documento. Estudiante.** La funcionalidad *cargar documento* para el rol de estudiante cumple el siguiente proceso: el estudiante carga y envía el documento, en este caso el informe que se generó en el mes, al sistema. Este se encarga de validar el documento revisando si la extensión del archivo es válida y que solo sea un archivo. Una vez el documento esté validado, el sistema guarda el archivo en el servidor y registra el entregable en la base de datos, quien confirma al sistema que los datos se guardaron correctamente y, por último, el sistema le verifica al usuario que se cargó el documento correctamente, como se puede observar en la figura 5.4.

Figura 5.3. Inicio de sesión

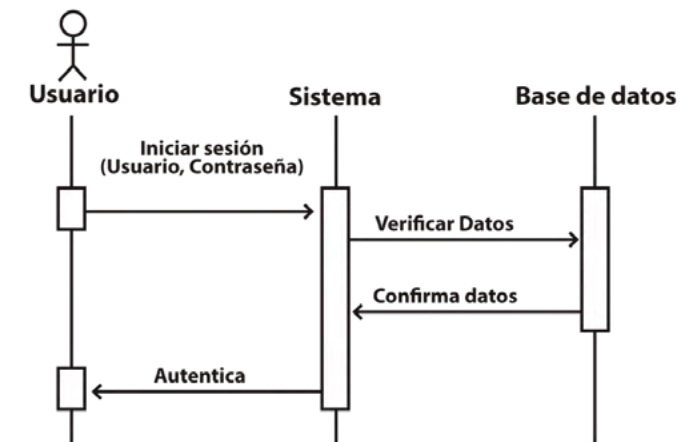
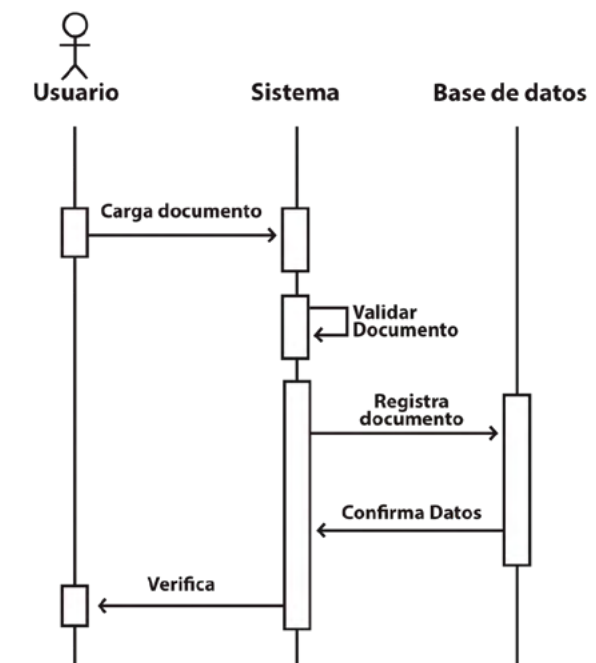


Figura 5.4. Cargar documento rol estudiante



**Cargar documento. Docente.** La funcionalidad cargar documento para el rol de docente cumple el siguiente proceso: el docente revisa el documento que el estudiante cargó, el sistema se encarga de enviar el registro del revisado a la base de datos y la base de datos le confirma al sistema que se guardaron correctamente los datos. El sistema ejecuta una operación para abrir el buzón del docente ya que este no se abre si el docente no ha calificado el entregable del estudiante, el sistema le verifica al usuario para que pueda empezar a realizar el proceso de cargar su entregable el cual consta del siguiente proceso: el docente carga y envía el documento en este caso el informe que se generó en el mes al sistema. El sistema se encarga de verificar si la extensión del archivo es válida y que solo corresponda a un archivo. Una vez aprobado, el sistema guarda el archivo en el servidor y registra el entregable en la base de datos. Luego, confirma al sistema que los datos se guardaron correctamente y, por último, el sistema le verifica al usuario que se cargó el documento correctamente, como se puede observar en la figura 5.5.

**Cargar documento. Líder.** La funcionalidad cargar documento para el rol de líder cumple el siguiente proceso: el líder revisa todos los documentos, tanto de los docentes como de estudiantes; el sistema se encarga de enviar el registro del revisado a la base de datos y esta le confirma al sistema que se guardaron correctamente los datos. El sistema le informa al usuario para que pueda empezar a realizar el proceso de cargar su entregable. El usuario, en este caso el líder, construye su informe con todos los informes de los integrantes, una vez termina el informe pasa a cargar su documento y a elegir el tipo de documento, si es mensual o trimestral. El sistema se encarga de validar el documento revisando si la extensión del archivo es válida, una vez el documento este validado el sistema guarda el archivo en el servidor y registra el entregable en la base de datos, luego la base de datos confirma al sistema que los datos se guardaron correctamente y, por último, el sistema le confirma al usuario que se cargó el documento correctamente. Así lo muestra la figura 5.6.

**Revisar documentos. ICP.** La funcionalidad de revisar documentos por parte del rol líder ICP se cumple en el sistema de la siguiente

Figura 5.5. Cargar documento rol docente

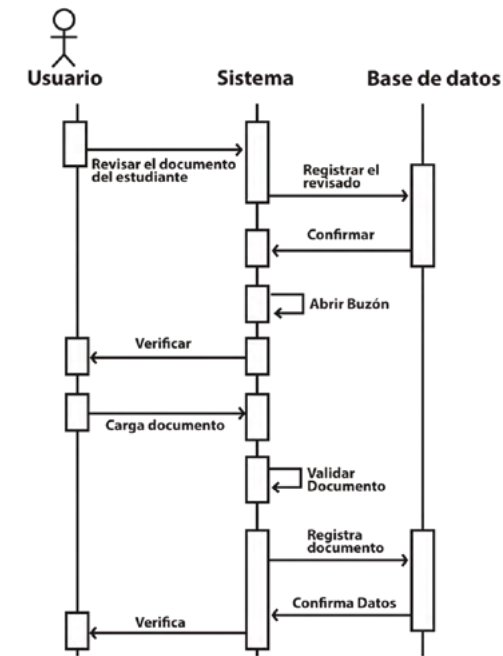
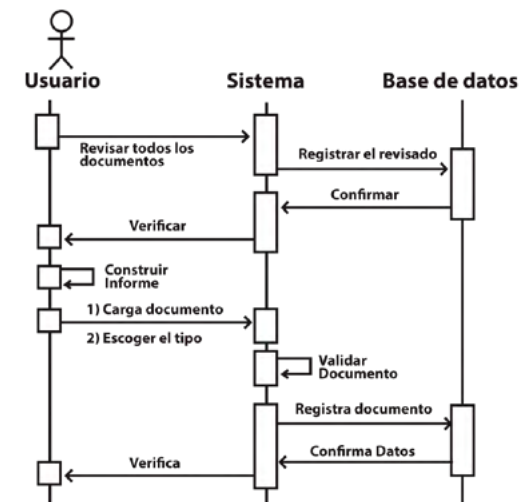
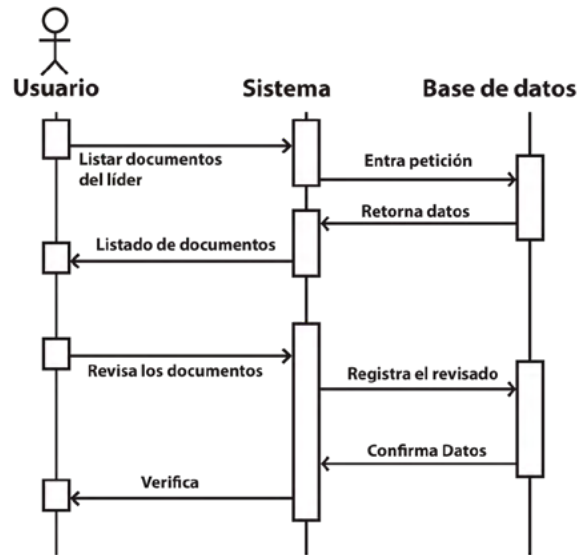


Figura 5.6. Cargar documento rol líder



manera: el usuario hace la petición de listar los documentos que le corresponde revisar, el sistema envía la consulta a la base de datos, esta retorna el listado, que se despliega para su revisión; el usuario marca sus aprobaciones y el sistema envía el registro a la base de datos y la base de datos confirma que se registraron correctamente, por último el sistema le verifica al usuario que el documento fue revisado correctamente, como lo muestra el diagrama de la figura 5.7.

Figura 5.7. Revisar documentos rol ICP



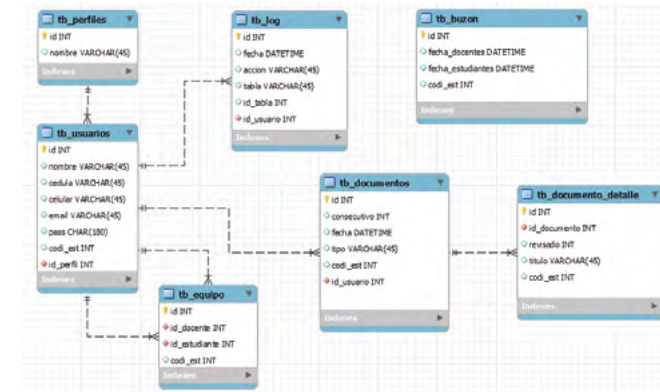
### 5.3.3 Modelo conceptual de la base de datos

La gestión de los documentos dentro del sistema demanda una base de datos relacional. Su modelo entidad-relación se observa en la figura 5.8.

### 5.3.4 Tecnologías aplicadas al sitio web ActivosID

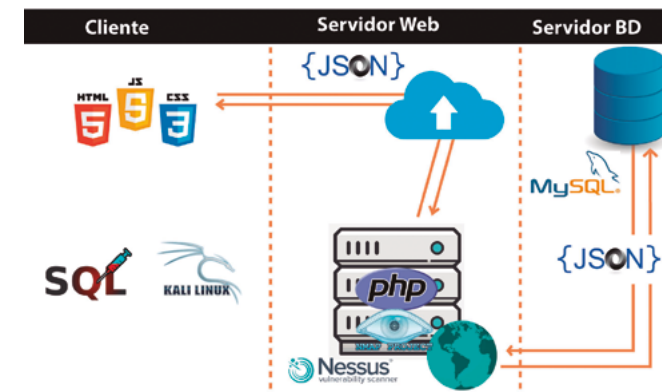
El software *ActivosID* presenta la arquitectura de un sistema cliente servidor orientado a la web, con las tecnologías que fueron introdu-

Figura 5.8. Diagrama entidad relación



cidas en el marco teórico. En la figura 5.9, se observan las tecnologías implementadas al lado del cliente, que son las que permiten crear interfaces de usuario atractivas y permiten la comunicación con el servidor; así también se observan las tecnologías del lado del servidor que permiten guardar la información en bases de datos e implementar el comportamiento de la aplicación web. También se aprecia la incorporación de tecnologías que fortalecen aspectos de seguridad informática para la aplicación.

Figura 5.9. Tecnologías implementadas en la arquitectura cliente-servidor



### 5.3.5 Recursos asignados en el CCA

El Centro de Computación Avanzada (CCA) de la UPB es un espacio donde se encuentran alojados físicamente un conjunto de servidores de alto rendimiento para brindar capacidad de almacenamiento y de procesamiento a proyectos de investigación de la UPB. En el CCA, al sitio web *ActivosID*, le fue asignado un dominio con nombre "*activosID.bucaramanga.upb.edu.co*", y los recursos que se describen en la tabla 5.2.

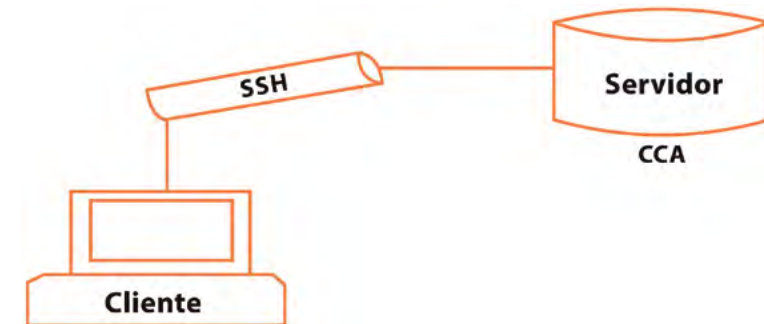
Tabla 5.2. Especificaciones de la máquina virtual del CCA

Sistema operativo	Linux
Distribución	Debian (Jessie)
Versión	8.7.1
Arquitectura	64 bits
Entorno gráfico	Gnome v 3.14.1
Ram	2 GB
Disco duro	300GB
Cores CPU	2
IPv4 Static	10.154.12.34/24
MAC Address	FE:09:40:30:F4:9C

Fuente: [36].

Las actualizaciones que se hacen a la aplicación *ActivosID*, sobre el servidor, son verificadas previamente en un ambiente de prueba, por lo tanto, existe un canal de comunicación para la transmisión de las actualizaciones, este es el servicio SSH (protocolo que facilita las comunicaciones seguras entre dos sistemas usando una arquitectura cliente/servidor) [7] como se observa en la figura 5.10.

Figura 5.10. Comunicación por SSH entre un cliente y la máquina alojada en el CCA



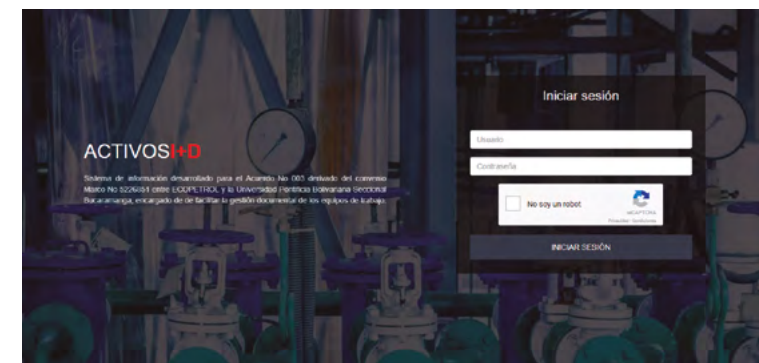
## 5.4 Sistema de información *ActivosID*

El sistema de información web *ActivosID* implementado presenta a grandes rasgos, el siguiente funcionamiento.

### 5.4.1 Inicio y autenticación

El usuario puede encontrar una página de inicio con una breve descripción y el formulario de autenticación, el cual requiere la cuenta de correo institucional, la contraseña y una verificación por *captcha* (figura 5.11).

Figura 5.11. Interfaz de inicio



## 5.4.2 Funcionalidades por roles

Las opciones a las que acceden los roles de estudiante y de docente investigador se aprecian en la figura 5.12. La diferencia radica principalmente en que el docente puede acceder al trabajo de sus estudiantes para avalarlo.

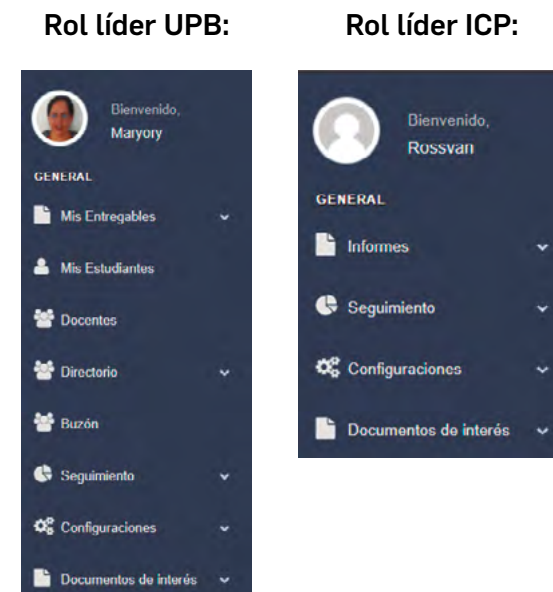
Figura 5.12. Funcionalidades roles estudiante y docente



Las funcionalidades de los roles líderes UPB e ICP, se aprecian en la figura 5.13.

La líder UPB, además de ser una docente investigadora, posee buzón para los informes consolidados, funcionalidades para el seguimiento al trabajo de los docentes investigadores y de configuración de algunas características como los controles de tiempos y de etiquetas de archivos. Mientras que el líder ICP, puede ingresar a revisar los informes consolidados de la líder UPB.

Figura 5.13. Funcionalidades roles líder UPB y líder ICP



## 5.4.3 Cambio de contraseña

El cambio de contraseña, es una funcionalidad común a todos los roles. Una contraseña será aceptada si tiene como mínimo ocho caracteres entre los cuales haya, al menos, una letra, una mayúscula y un dígito. Esta cadena debe ser escrita dos veces para garantizar que el usuario la introdujo en forma correcta. La figura 5.14 (página 388) muestra la interfaz para esta funcionalidad.

## 5.4.4 Documentos de interés

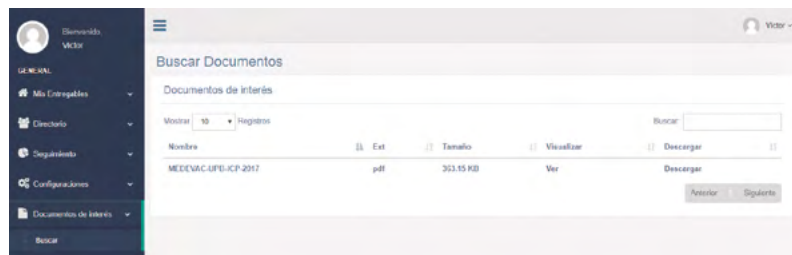
Esta funcionalidad comparte documentos que pueden resultar del interés de todos los miembros del Acuerdo, y que pueden ser consultados y descargados. Ver figura 5.15 (página 388).



Figura 5.14. Cambiar contraseña



Figura 5.15. Buscar documentos de interés



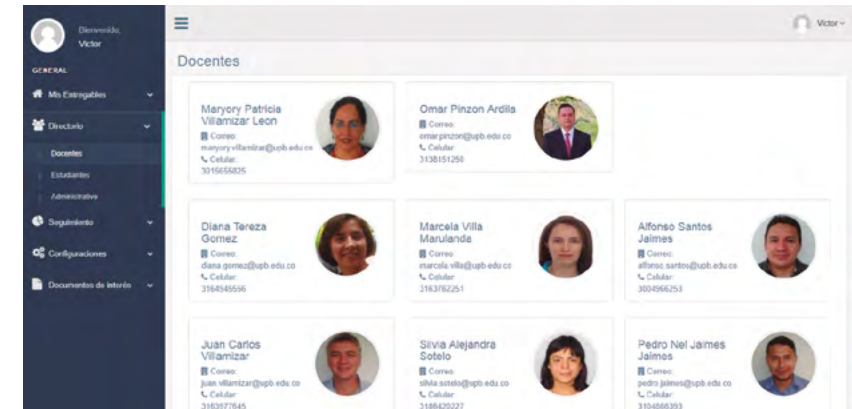
### 5.4.5 Directorio

Todos los roles tienen acceso al directorio de miembros del Acuerdo, el cual se encuentra categorizado como estudiantes, docentes o administrativos. En la figura 5.16 se observa el directorio de docentes: muestra el nombre, una foto, el correo electrónico y el celular del docente, de igual forma funciona para el directorio de estudiantes y administrativos.

### 5.4.6 Mis entregables

Los roles de estudiante y docente deben enviar sus informes al buzón dispuesto para ello en el sistema *ActivosID*. La figura 5.17 (página 390) muestra que sobre el menú del lado izquierdo accede a la opción *Mis Entregables*, y allí elige *Crear Entregable*. Aparece un

Figura 5.16. Directorio de docentes



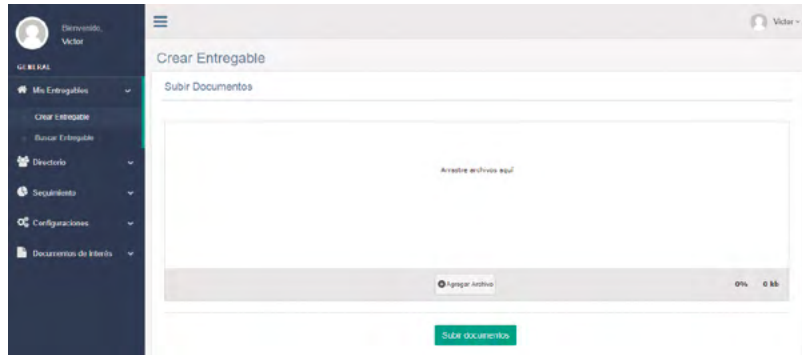
formulario para cargar el archivo a enviar, el archivo puede ser arrastrado. El sistema valida el tipo de formato del archivo, por ejemplo pdf, zip, doc, entre otros avalados por el líder del proyecto; también valida que solo sea un archivo por entregable. Si se requiere subir más de un archivo se deberá presentar comprimido, de tal forma se evitarán confusiones con múltiples versiones de entregables por período. Si el usuario ya subió un entregable y desea modificarlo deberá eliminarlo para poder cargar el nuevo, el buzón solo se abrirá en la fecha seleccionada por la líder de lo contrario esta funcionalidad permanece inactiva y despliega el mensaje "buzón cerrado".

Para el caso de buzón de entregables del docente hay algunas restricciones adicionales, tales como que se valida que este ya haya aprobado el entregable del estudiante, de lo contrario el buzón permanece cerrado y muestra el mensaje "buzón no activo hasta que no califique al estudiante".

El rol de la líder UPB encuentra una opción más en el menú, que le permite elegir buzón para entregables mensuales o trimestrales.

En la figura 5.18 se muestra la funcionalidad de buscar entregables propios donde se listan los entregables creados hasta el momento.

Figura 5.17. Crear entregable



Para cada uno aparece: el nombre, la extensión, el tamaño y funcionalidades eliminar y descargar; también se puede observar un campo llamado revisado, donde muestra el estado de revisión que tiene hasta el momento: un ícono de reloj de arena, si aún está en espera de revisión por parte del docente, un ícono azul de chequeo si ya fue revisado por éste (figura 5.19), un ícono amarillo de chequeo si ya fue revisado por la líder UPB y otro en color verde si ya fue revisado por el líder ICP (figura 5.20).

Figura 5.18. Listado de entregables, sin evaluar por el docente

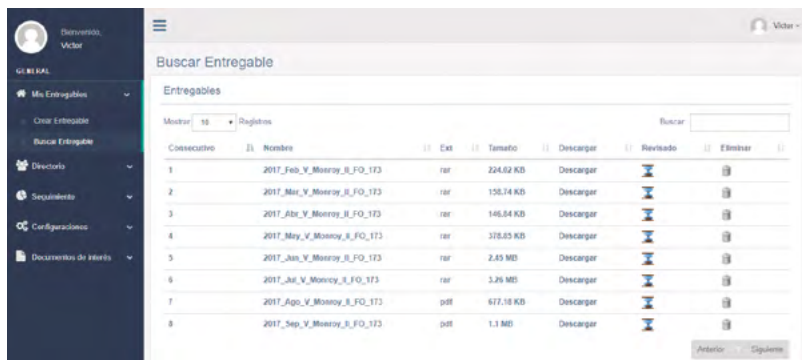


Figura 5.19. Listado de entregables revisados por el docente

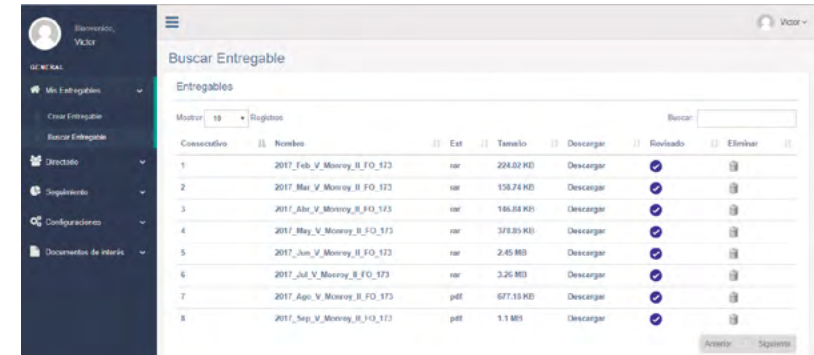
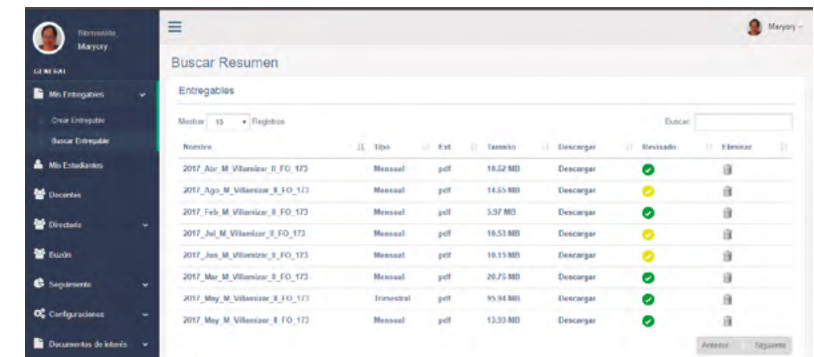


Figura 5.20. Entregables revisados por los líderes UPB e ICP



### 5.4.7 Mis estudiantes

Por medio de la opción *Mis Estudiantes*, los docentes accederán al listado de estudiantes a su cargo. En el Acuerdo, cada docente solo tiene a cargo un estudiante. De ellos podrá acceder a sus datos de contacto (ver figura 5.21, página 392).

Una vez el docente da clic sobre el botón *Ver documentos*, se listan todos los informes que el estudiante ha subido, como se muestra en la figura 5.22 (página 392), allí puede observar el estado de revisión



en el que estos se encuentran, y también puede realizar la revisión del informe actual, siempre y cuando esté dentro de la ventana de tiempo autorizada por la líder UPB.

Figura 5.21. Ejemplo de estudiantes asignados a un docente

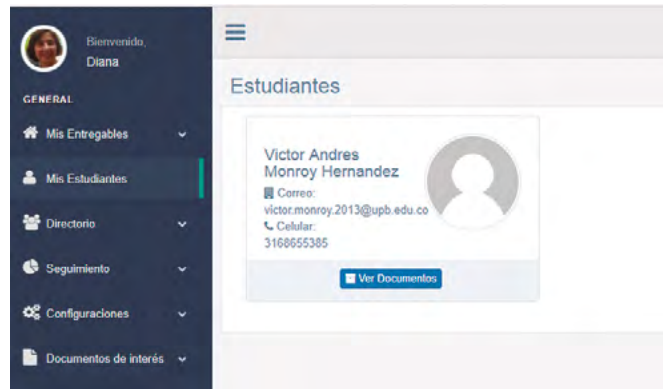


Figura 5.22. Listado de informes del estudiante y su estado de revisión visto desde el rol de docente



### 5.4.8 Docentes

El rol de líder UPB, puede acceder al listado de docentes investigadores. Por cada uno puede elegir entre ver sus informes, o los de los estudiantes dirigidos por ellos. Ver figuras 5.23 y 5.24.

Figura 5.23. Lista de docentes

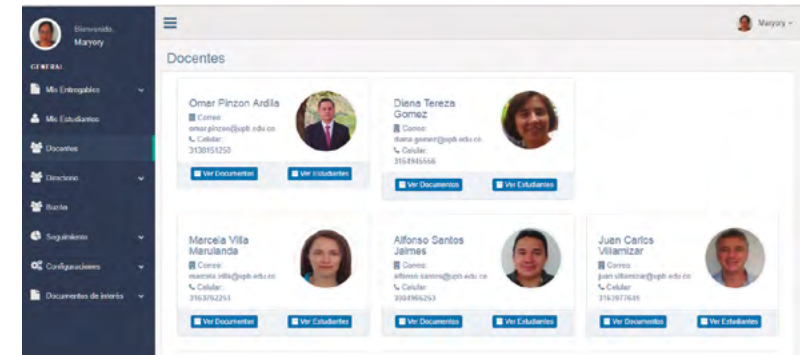


Figura 5.24. Lista de informes del docente elegido por líder UPB



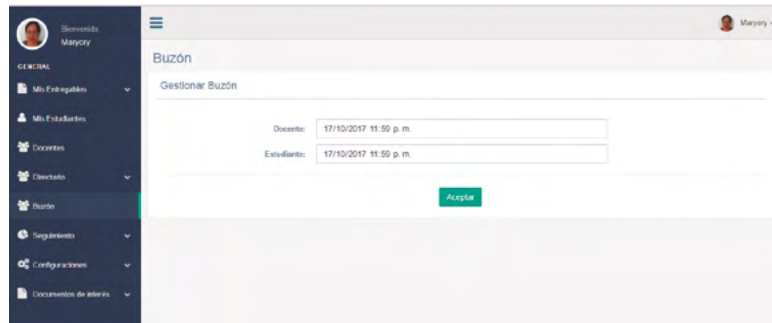
### 5.4.9 Buzón

Esta funcionalidad, exclusiva de la líder UPB, conduce a la captura de dos fechas: la de cierre del buzón de los estudiantes y la de cierre para el buzón de los docentes. Ver figura 5.25 (página 394).

### 5.4.10 Informes mensuales y trimestrales

El rol de líder ICP cuenta con algunas funcionalidades exclusivas, como la de revisar los informes consolidados mensuales y trimestrales de la líder UPB. La figura 5.26 (página 394) muestra un listado

Figura 5.25. Gestionar fechas de cierre de los buzones de estudiante y de docente



de informes consolidados mensuales. Por cada uno se aprecia el estado de revisión en el que se encuentra. Es función del líder ICP revisar cada informe consolidado y aprobarlo. Los informes que aún no han sido revisados muestran un ícono en color amarillo. Los informes ya avalados muestran un ícono verde.

Figura 5.26. Informes mensuales del líder UPB disponibles para la revisión del líder ICP

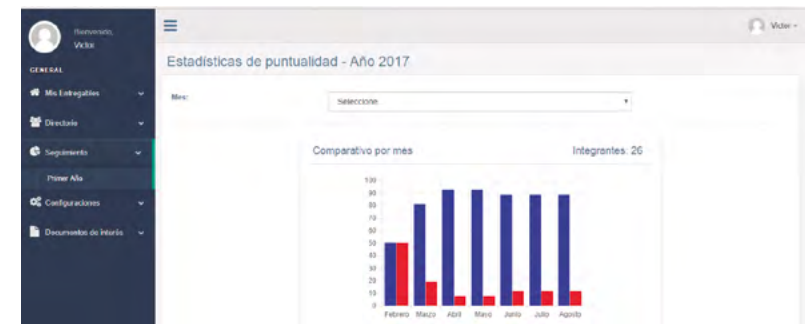
Título	Fecha	Nombre	Ext	Tamaño	Descarga	Estado
2017_May_M_Villanizar_R_FO_173	2017-06-15 21:52:26	2017_May_M_Villanizar_R_FO_173	pdf	5.97 MB	Descargar	✓
2017_May_M_Villanizar_R_FO_173	2017-06-15 21:53:43	2017_May_M_Villanizar_R_FO_173	pdf	23.76 MB	Descargar	✓
2017_May_M_Villanizar_R_FO_173	2017-06-15 21:53:31	2017_May_M_Villanizar_R_FO_173	pdf	13.62 MB	Descargar	✓
2017_May_M_Villanizar_R_FO_173	2017-06-15 21:50:21	2017_May_M_Villanizar_R_FO_173	pdf	13.93 MB	Descargar	✓
2017_Jun_M_Villanizar_R_FO_173	2017-07-19 09:45:36	2017_Jun_M_Villanizar_R_FO_173	pdf	13.15 MB	Descargar	⚠
2017_Jul_M_Villanizar_R_FO_173	2017-08-08 07:43:01	2017_Jul_M_Villanizar_R_FO_173	pdf	13.53 MB	Descargar	⚠
2017_Ago_M_Villanizar_R_FO_173	2017-08-19 22:34:36	2017_Ago_M_Villanizar_R_FO_173	pdf	14.65 MB	Descargar	⚠

### 5.4.11 Indicadores de cumplimiento

El sistema provee estadísticas de cumplimiento de cada mes y por cada equipo de trabajo. Para ello, desde el menú, se selecciona la opción seguimiento. Esta despliega el período anual a observar. Una vez el usuario elige el período de seguimiento, una gráfica

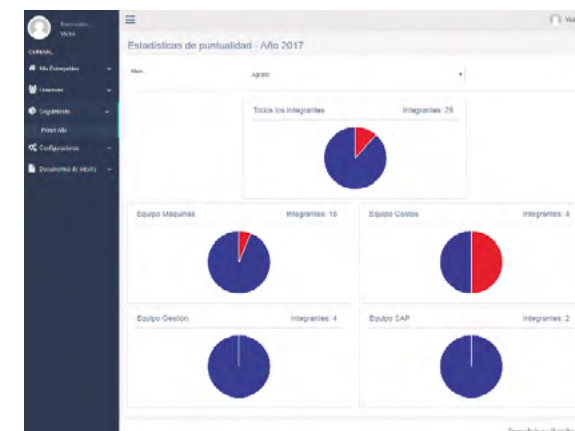
despliega en rojo el porcentaje de entregas tarde y en azul las entregas a tiempo teniendo en cuenta a todos los investigadores. Ver figura 5.27.

Figura 5.27. Estadísticas de puntualidad 2017



El sistema también cuenta con la capacidad de mostrar las estadísticas por mes de cada uno de los grupos que conforman este proyecto, como se puede observar en la figura 5.28.

Figura 5.28. Estadísticas de puntualidad, agosto 2017

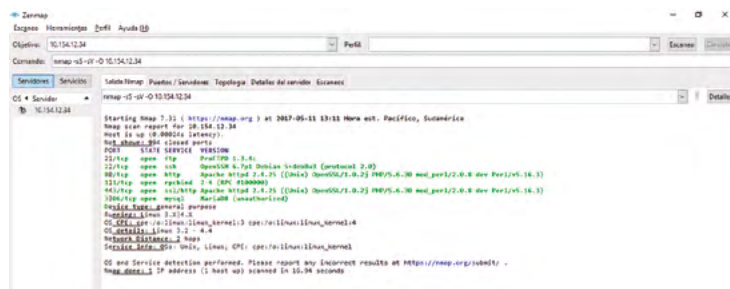


## 5.5 Aspectos de seguridad informática

Considerando la evolución del sitio web *ActivosID*, su escalabilidad y mejores condiciones de aseguramiento, este aplicativo fue migrado al Centro de Computación Avanzada (CCA) de la UPB. Una vez verificada la funcionalidad del sitio, y previo a cualquier actividad de gestión documental por parte de sus usuarios, se realizaron diversas pruebas de seguridad informática para detectar posibles vulnerabilidades. Las pruebas que se siguieron fueron las siguientes:

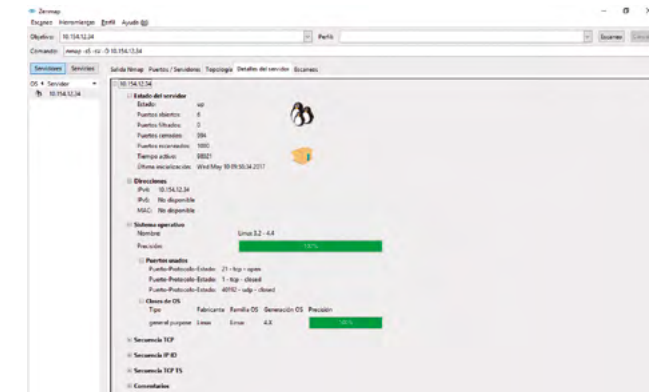
**NMAP:** esta herramienta permite en primera instancia determinar los puertos abiertos y el servicio que corre por cada uno de ellos. En el caso de *ActivosID* se detectaron seis puertos abiertos cuyos servicios son programas instalados en el servidor requeridos para el correcto funcionamiento de la aplicación. Los demás puertos están cerrados por seguridad ya que no son necesarios. Las figuras 5.29 y 5.30 muestran los resultados de las pruebas.

Figura 5.29. Resultado del escaneo de puertos abiertos del servidor del CCA con NMAP



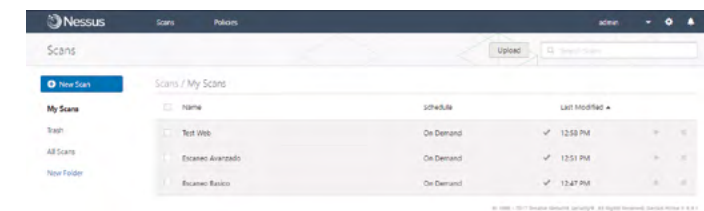
En la figura 5.30 se muestra detalladamente la información del servidor, tanto sistema operativo como la cantidad de puertos escaneados, en este caso 1000 con una cantidad de seis puertos abiertos y 994 puertos cerrados.

Figura 5.30. Resultado detallado del escaneo del servidor del CCA



**Nessus:** en la figura 5.31 se muestran los resultados de los tres escaneos (escaneo avanzado, básico y un test web) realizados sobre el sitio web. En los tres escaneos el aplicativo pasó las pruebas.

Figura 5.31. Resultado de la herramienta Nessus



Adicionalmente, lista en un gráfico cuántas vulnerabilidades encontró y de qué grado de criticidad. La figura 5.32 permite observar los resultados de la prueba, en las cuales no hubo ninguna vulnerabilidad crítica (color rojo).

**Ataque de acceso a directorios:** se ejecutó un script para la búsqueda de directorios en la aplicación que permitan acceder a la in-

formación. Como resultado no fue posible acceder a la información ingresando por los directorios del aplicativo, debido a que el sistema de gestión documental cuenta con un archivo .htaccess, configurado de tal forma que solo los administradores pueden tener acceso a ciertos directorios, y que además solo ellos adaptan de acuerdo a ciertas políticas de acceso que buscan mejorar la seguridad de la aplicación web [13].

Figura 5.32. Resultado de pruebas de vulnerabilidades según su grado de criticidad, realizadas con la herramienta Nessus



### Scan Details

**Name:** Escaneo Básico  
**Status:** Completed  
**Policy:** Basic Network Scan  
**Scanner:** Local Scanner  
**Folder:** My Scans  
**Start:** Today at 12:43 PM  
**End:** Today at 12:47 PM  
**Elapsed:** 4 minutes  
**Targets:** 10.154.12.34

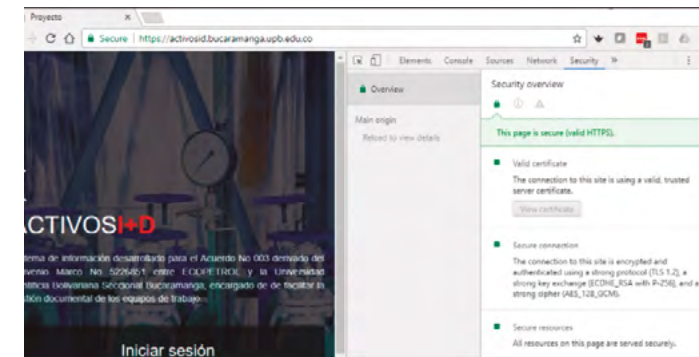
### Vulnerabilities



**Ataque de fuerza bruta:** este ataque consiste en crear un diccionario de datos con información personal de los usuarios del sistema de gestión documental, y por medio de una herramienta software armar combinaciones de estos datos con el fin de utilizarlos como medio de acceso a las cuentas de los usuarios. Este ataque fue probado con la aplicación, y gracias a que fue implementado un *captcha* o programa que verifica si quien intenta acceder es un humano o una aplicación, no hubo acceso a las cuentas de usuario.

Además, **se implementó HTTPS** al sistema de información como se puede observar en la figura 5.33, el cual es un protocolo de comunicación de internet que protege la confidencialidad y la integridad de los datos de los usuarios, de igual manera cifra los datos que se intercambian para mantenerlos a salvo.

Figura 5.33. Certificado digital



## 5.6 Propiedad intelectual

A cargo del desarrollo del sistema de información *ActivosID* se encuentran una docente y un estudiante contratados por el Acuerdo, a quienes en adelante se denominarán el *equipo web*. Este equipo indaga entre los líderes del proyecto las necesidades funcionales del sistema y las documenta sobre un sistema de especificación de requerimientos. Luego diseña y desarrolla las funcionalidades, las

pone a prueba, hasta que son aceptadas y pasan a modo de producción. Este proceso es cíclico, es decir, que cada período se indaga por nuevas necesidades y nuevamente se especifican, diseñan, implementan hasta que quedan en producción. Es por ello que la metodología de desarrollo se considera evolutiva. La figura 5.34 ilustra la situación contractual de los autores.

Figura 5.34. Situación contractual de los autores del sitio Web ActivosID



La arquitectura del aplicativo también es relevante para determinar, sobre qué módulos se puede determinar propiedad intelectual. La figura 5.35 muestra un diagrama de despliegue, donde se observa, que el aplicativo está desarrollado a partir de lenguajes de programación como PHP, JAVASCRIPT, gestor de base de datos MYSQL, bibliotecas como JQuery, Bootstrap y otras más que se nombrarán a continuación, con los siguientes tipos de licenciamiento (ver tabla 5.3).

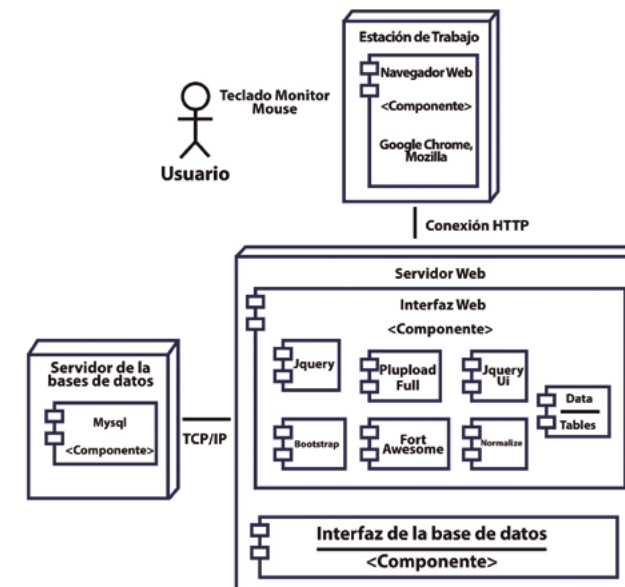
Las anteriores licencias tienen estas características con relación al uso que se les puede dar:

- MIT: Es una licencia de software libre permisiva esto quiere decir que se puede modificar, incorporar en proyectos libres o no libres, distribuir, comprar y vender. Esta licencia es compatible con muchas licencias Copyleft [19].

Tabla 5.3. Componentes de software empleados en el sistema de información ActivosID

Librerías	Licencia
JQuery	MIT
Bootstrap	MIT
Plupload full	GPL
Font awesome	MIT
JQuery UI	MIT
Normalize	MIT
Data Tables	MIT

Figura 5.35. Diagrama de despliegue del sistema de información ActivosID



Fuente: Los autores a partir de [17, 18]



- GPL: (General Public License) es una licencia pública general, que determina que el material sujeto a esta licencia no está jurídicamente sujeto a derechos de autor (*copyright*) [20].

Teniendo en cuenta que el sistema de información *ActivosID*, corresponde a un desarrollo propio de los autores a partir de los componentes PHP, JavaScript, y MySQL, se puede considerar como una obra de software original, y a los miembros del equipo web como autores morales del mismo. Y dada la condición contractual de los autores dentro del proyecto el sistema de información *ActivosID* corresponde a una obra por encargo, cuyos derechos patrimoniales son compartidos entre ECOPETROL y la UPB.

## 5.7 Implementación de la política cero papel

Estudiantes, docentes y líder de investigación deben reportar mensualmente los avances de su investigación. Para ello se utilizan diferentes formatos dependiendo del rol de cada miembro de este acuerdo. Estos informes se constituirán en soporte de su trabajo y evidencia para el pago correspondiente por parte de la UPB. El volumen de documentos puede llegar a ser muy alto.

### 5.7.1 ¿Cuántas hojas se generan en el Acuerdo?

A partir de estadísticas tomadas del sistema de información *ActivosID* [3], en promedio, cada integrante del proyecto gasta 15 hojas de papel por mes (asumiendo una de las mejores situaciones, que no necesite corrección ya que esto incrementaría los costos). Luego se estima que, al año, por cada participante correspondería a 180 hojas de papel. Los 26 participantes del proyecto generan una cantidad de 4.680 hojas de papel por año, como lo muestra la figura 5.36. Y por los 5 años, los 26 miembros con el mismo promedio de consumo de 15 hojas, gastarían un total de 23.400 hojas. La figura 5.37 permite visualizar esta proyección.

Figura 5.36. Estimado del consumo de papel por año para un integrante y para todos

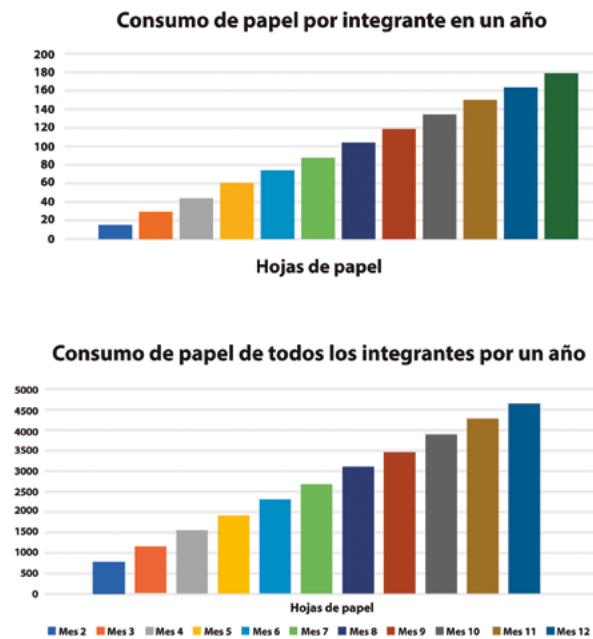
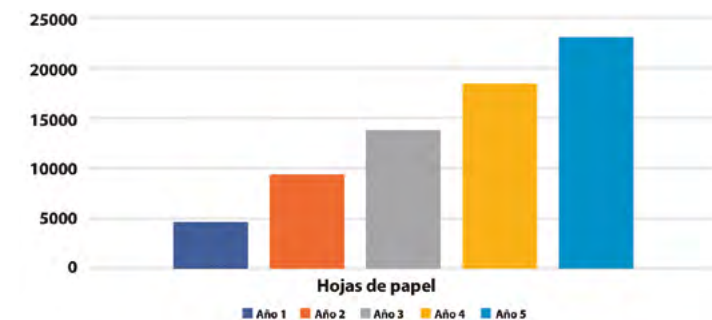


Figura 5.37. Estimado del consumo de papel de todos los integrantes por cinco años



Si estas hojas se imprimen tendrían un costo de \$2.352.000 en tan solo papel y tinta. La figura 5.38 ilustra el ejemplo.

Figura 5.38. Costo total que se puede ahorrar por los cinco años del proyecto



Según la Universidad Nacional de Colombia para producir 8.000 hojas de papel, se debe talar y procesar un árbol [25]. En promedio el proyecto gastaría 23.400 hojas, esto quiere decir que con el uso del sistema de información *ActivosID* se genera también un impacto ambiental positivo, ya que dejarían de talarse tres árboles [25] [26].

### 5.7.2 ¿Qué otros beneficios además del ambiental, se obtienen para el Acuerdo al implementar la política de cero papel?

Al utilizar un software de información documental como *ActivosID* se puede acceder de manera más ágil a la información ahorrando tiempos de búsqueda. Los documentos cuentan con un nivel de seguridad mejor que tener los documentos en forma física debido al control de acceso de acuerdo con los roles de usuario. Se puede llevar trazabilidad de las entregas y de las actividades realizadas que aportarán mayor precisión a futuras auditorías. Una política de copias de seguridad brindará respaldo por si ocurre un incidente.

Se reduce la necesidad de espacio de almacenamiento de archivos físicos y los costos asociados a la administración del papel.

Aunque son muchas las ventajas, en los entornos tecnológicos también existen riesgos vinculados con delitos informáticos o desastres naturales que exigen reforzar las políticas y controles de seguridad para estar preparadas a estos riesgos. Por ello en el Centro de Computación Avanzada (CCA), donde está alojada la información se han tomado numerosas medidas de seguridad informática para reducir las posibilidades de la materialización de estos riesgos.

## 5.8 Conclusiones y recomendaciones

El sistema web de información *ActivosID*, estuvo funcional desde el primer mes de actividades del Acuerdo entre Ecopetrol y la UPB, permitiendo que los informes mensuales de sus miembros se entregaran a través de este software. Con cada mes el sistema ofreció nuevas funcionalidades y mayor robustez, de acuerdo con su metodología de desarrollo evolutivo.

Los aportes que el sistema web de información *ActivosID*, dio al Acuerdo entre Ecopetrol y la UPB, se ven reflejados en que no hubo pérdida de ningún informe o ambigüedades acerca de su entrega, los indicadores de puntualidad reflejan sin duda alguna el comportamiento de los equipos de trabajo, los informes consolidados mensuales y trimestrales encontraron su insumo ordenado y en un solo lugar. Todo lo anterior condujo a índices de cumplimiento muy precisos, con lo cual los líderes de ambas instituciones han mostrado su satisfacción, al punto que han considerado importante vincular esta herramienta en futuros convenios.

Una vez finalizado el Acuerdo entre Ecopetrol y la UPB El sistema web de información *ActivosID* continuará operando desde el Centro de Computación Avanzada. A él tendrán acceso controlado y sin posibilidad de alteración de documentos los usuarios administrativos, los líderes de ambas instituciones y el personal autorizado para realizar auditorías. La gran ventaja que encuentran quienes intervien-



gan en la auditoría es que podrán realizar su labor de verificación documental en un solo sitio, con información confiable, y organizada y sin necesidad de imprimir altos volúmenes de papel con todas las inconvenientes ambientales que ello conlleva. Todo lo anterior brindará calidad y agilidad al proceso de cierre del Acuerdo.

El sistema web de información *ActivosID*, fue sometido a un proceso de pruebas de seguridad informática hasta alcanzar el certificado digital, con ello se ofrece un nivel satisfactorio de seguridad. Sin embargo, este proceso debe ser periódicamente reforzado para que el sitio mantenga el nivel de seguridad esperado ante eventuales formas nuevas de ataque informáticos.

## 5.9 Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), Centro de Innovación y Tecnología de Ecopetrol, a los administradores y líderes técnicos de los acuerdos de cooperación tecnológica y demás funcionarios, a la Universidad Pontificia Bolivariana en especial a la Dirección de Investigaciones y Transferencia, a los administradores y supervisores, al cuerpo docente y demás personas que apoyaron el desarrollo del sitio web *ActivosID*. El presente proyecto y sus resultados son derivados de los datos e información del proyecto de investigación *Optimización del mantenimiento – Nivel instrumental*, código 029-01172200, desarrollado dentro del Acuerdo de Cooperación 03 entre Ecopetrol - ICP y la Universidad Pontificia Bolivariana dentro del Convenio Marco de Cooperación N.º 5226851

## Referencias

- [1] Ecopetrol - UPB, *Convenio Marco No. 5226851, Acuerdo 003*, Bucaramanga, 2017.
- [2] M. Villamizar, *Reunión semanal del Grupo Máquinas. Convenio Marco No. 5226851, Acuerdo 003*, Floridablanca, 2017.
- [3] Ecopetrol - UPB, "ActivosID," 2017. [Online]. Available: <https://activosid.bucaramanga.upb.edu.co/>. [Último acceso: 1 Octubre 2017].
- [4] J. Trejos, "Ingeniería de Software I. Modelo Evolutivo.," [Online]. Available: [goo.gl/j0iolT](http://goo.gl/j0iolT). [Último acceso: 28 julio 2017].
- [5] M. Tapia, (2017). Desarrollo software orientado a la web. [En línea] Es.slideshare.net. [Online]. Available: [https://es.slideshare.net/Maritzita\\_Tapia/desarrollo-software-orientado-a-la-web](https://es.slideshare.net/Maritzita_Tapia/desarrollo-software-orientado-a-la-web) [Último acceso: 25 julio. 2017].
- [6] Carrodegua, N. (2017). Como usar el comando ping en conexiones de redes, ejemplos prácticos. [Online]. Available: NorfiPC. Disponible en: <https://norfipc.com/redes/usar-comando-ping.html> [Último acceso: 15 abril. 2017].
- [7] Web.mit.edu. (2017). Protocolo SSH. [Online]. Available: <http://web.mit.edu/rhel-doc/4/RH-DOCS/rhel-rg-es-4/ch-ssh.html> [Último acceso 15 abril. 2017].
- [8] Winscp.net. (2017). Introducción: WinSCP. [Online]. Available: <https://winscp.net/eng/docs/lang:es> [último acceso 15 abril. 2017].
- [9] Map.norsecorp.com. (2017). Norse Attack Map. [Online]. Available: <http://map.norsecorp.com/> [Último acceso 26 mayo 2017].
- [10] Parada Serrano, D. Manual NMAP. Bucaramanga, 2017.
- [11] Nmap.org. (2017). Nmap: the Network Mapper - Free Security Scanner. [Online]. Available: <https://nmap.org/> [Último acceso: 25 mayo 2017].
- [12] Tenable™. (2017). Nessus Vulnerability Scanner. [Online]. Available: <https://www.tenable.com/products/nessus-vulnerability-scanner> [Último acceso: 25 mayo 2017].
- [13] Httpd.apache.org. (2017). Tutorial del Servidor Apache HTTP: Ficheros htaccess. [Online]. Available: <https://httpd.apache.org/docs/2.4/how-to/htaccess.html> [Último acceso: 26 mayo 2017].
- [14] Php.net. (2017). PHP: Inyección de SQL - Manual. [Online]. Available: <http://php.net/manual/es/security.database.sql-injection.php> [Último acceso: 27 mayo 2017].
- [15] Culturaalderecho.org. (2017). Cultura al Derecho » Los Derechos Morales y Patrimoniales. [Online]. Available: <http://culturaalderecho.org/cuales-son-mis-derechos/> [Último acceso 26 Julio 2017].
- [16] Rodríguez Vera, H. Glosario propiedad intelectual de la UPB. Bucaramanga, 2017.

- [17] EcuRed.cu. (2017). Diagrama de despliegue - EcuRed. [Online]. Available: [https://www.ecured.cu/Diagrama\\_de\\_despliegue](https://www.ecured.cu/Diagrama_de_despliegue) [Último acceso 25 Julio 2017].
- [18] Sarmiento, J. (2017). UML: Diagrama de Despliegue. [Online]. Available: <http://umldiagramadespliegue.blogspot.com.co/> [Último acceso 25 Julio 2017].
- [19] Opensource.org. (2017). The MIT License | Open Source Initiative. [Online]. Available: <https://opensource.org/licenses/MIT> [Último acceso 28 Julio 2017].
- [20] Gnu.org. (2017). Licencias - Proyecto GNU - Free Software Foundation. [Online]. Available: <https://www.gnu.org/licenses/licenses.es.html> [Último acceso 27 Julio 2017].
- [21] Derechodeautor.gov.co. (2017). Software - Derecho de Autor. [Online]. Available: <http://derechodeautor.gov.co/software> [Último acceso 25 Julio 2017].
- [22] Presidente de la República, Directiva Presidencial No. 04, Bogotá, 2012.
- [23] MINTIC, "Estrategia Gobierno en Línea 2012-2015 para el orden nacional y 2012-2017 para el orden territorial. Capítulo 5 Transformación," [Online]. Available: <https://bit.ly/1ipGDYr> [Último acceso: 2017].
- [24] Gobierno en línea, «Guía N°1, Buenas Prácticas para reducir el consumo de papel,» 2017. [Online]. Available: <https://bit.ly/2gZasnQ>.
- [25] Universidad Nacional de Colombia: Sede Medellín, «Súmate al Cero Papel,» 2017. [Online]. Available: <http://medellin.unal.edu.co/sumate-al-cero-papel>.
- [26] UNAD, «Guías Cero Papel en la Administración Pública,» 2017. [Online]. Available: [https://sig.unad.edu.co/documentos/sgc/documentos\\_referencia/GUIA\\_CERO\\_PAPEL.pdf](https://sig.unad.edu.co/documentos/sgc/documentos_referencia/GUIA_CERO_PAPEL.pdf).
- [27] W3schools.com. (2017). JavaScript Tutorial [Online]. Available: <https://www.w3schools.com/js/> [Último acceso 25 Mar. 2017].
- [28] jquery.org, j. (2017). [Online]. Available: <https://jquery.com/> [Último acceso 25 Mar. 2017].
- [29] Mark Otto, a. (2017). Bootstrap · The world's most popular mobile-first and responsive front-end framework. [Online]. Available: <http://getbootstrap.com/> [Último acceso 25 Mar. 2017].
- [30] JQuery.org, "jQuery.ajax () | jQuery API Documentation", Api.jquery.com, 2017. [Online]. Available: <http://api.jquery.com/jquery.ajax/>. [Último acceso: 25- Mar- 2017].
- [31] "MySQL | La base de datos de código abierto más popular | Oracle América Latina", Oracle.com, 2017. [Online]. Available: <https://www.oracle.com/lad/mysql/index.html>. [Último acceso: 25- Mar- 2017].
- [32] Ipbric, "Comparativo de Softwares de Gestión Documental," 2017. [Online].
- [33] Php.net. (2017). PHP: ¿Qué es PHP? - Manual. [Online]. Available: <http://php.net/manual/es/intro-what.php> [Acceso 25 Mar. 2017].
- [34] Lenguajehtml.com. (2017). Lenguaje HTML - Documentación sobre desarrollo web. [Online]. Available: <https://lenguajehtml.com/> [Acceso 25 Mar. 2017].
- [35] Lenguajecss.com. (2017). Lenguaje CSS - Documentación sobre diseño web. [Online]. Available: <https://lenguajecss.com/> [Acceso 25 Mar. 2017].
- [36] CCA. (2017). Formato de solicitud de recursos al Centro de Computación Avanzada. [Abril 2017].



## Consideraciones finales

El interés de las empresas por garantizar el cumplimiento de sus objetivos estratégicos y generar valor a partir de una adecuada operación, ha creado la necesidad de implementar diferentes alternativas para gestionar óptimamente sus activos y el desempeño de estos mismos a lo largo de su ciclo de vida. El análisis de ciclo de vida requiere identificar todos los factores que involucran el contexto operativo y la naturaleza de un activo desde su incorporación hasta su disposición final, sin embargo, este está enmarcado dentro de una estrategia asociada a la gestión de activos.

La gestión de activos es una disciplina que integra todas las áreas de una organización, no obstante, ha sido relacionada principalmente con la ejecución de estrategias de mantenimiento, concepto que ha evolucionado a causa de la generación de estándares y normativas basadas en el comportamiento de los activos durante su ciclo de vida como el caso de la PAS 55 y la Norma ISO 55000. Todos estos conceptos abarcan la gestión de activos como un proceso que involucra diferentes perspectivas tales como la gestión, las finanzas, las prácticas económicas y la ingeniería, teniendo presentes variables como el costo, el riesgo y el desempeño de los activos, para asegurar el desempeño óptimo asociado a sus activos.

Teniendo en cuenta la investigación realizada, las normativas existentes para la gestión de activos basan su aplicación en equipos de nivel industrial, los cuales forman parte de sistemas productivos a gran escala y cuyas condiciones para operar satisfactoriamente difieren de la naturaleza de un activo utilizado en un centro de innovación y tecnología.

La revisión bibliográfica consultada en referencia a lo anterior, indica que no hay en la literatura ninguna documentación netamente enfocada en la gestión de activos I+D, dado que toda la información hallada para la implementación de la gestión de activos no es aplicada dentro de una actividad económica en específico. En complemento, del término activo I+D no se encuentra evidencia que defina su con-

ceptualización, lo que permitió proponer una definición formal para esta expresión según las actividades que se llevan a cabo en un centro de investigación y desarrollo. De este modo, las organizaciones tienen el reto de garantizar la adaptabilidad de estas referencias internacionales a su naturaleza a partir de tres factores clave que diferencian la gestión de los activos I+D frente a los industriales: el contexto operacional, la destinación del activo y las fronteras de acción pertenecientes a las etapas del ciclo de vida.

Aunque la familia de la ISO 55000 puede ser aplicada a cualquier activo, sin importar el tipo de la actividad económica y tamaño de la organización, la norma describe el qué, pero no define el cómo gestionar cada una de las etapas del ciclo de vida. Por lo cual, no aborda las tareas específicas que se deben tener en cuenta para identificar las necesidades de adquisición, operación, mantenimiento y desincorporación de los activos físicos. Este hecho garantiza la importancia de generar propuestas exclusivas para la gestión de activos I+D como las presentes en esta investigación, alineadas a los planteamientos de normas internacionales como la ISO 55000.

Antes de implementar un modelo de gestión de activos y de formular los objetivos, políticas y estrategias, es necesario determinar el estado actual de la gestión de activos en la organización. Por tal motivo, se hizo una revisión del estado del arte acerca de las diferentes metodologías existentes para el diagnóstico desde diferentes enfoques, las cuales son aplicadas actualmente en el ámbito internacional con el fin de identificar los principales elementos que deben ser evaluados, sin tener en cuenta el tipo de organización o su actividad económica. Dentro de las metodologías mencionadas se encuentran: PAM (*Pas Assessment Methodology*) propuesta por la PAS 55; SAM (*Self Assessment Methodology*) alineada a la ISO 55000; las 3Ps (*People, Process and People*) basada en la medición del nivel de madurez de la unidad de negocio con relación al mantenimiento ejecutado dentro de la gestión de activos; y finalmente, *The Maintenance Management Diagnostic Review* que mide la gestión del mantenimiento a partir de los diez elementos que componen a la pirámide de la excelencia.

En consideración con el diagnóstico realizado al Centro de Innovación y Tecnología objeto de estudio, los procesos que presentaron más aspectos por mejorar corresponden a la *planeación estratégica* de la gestión de activos y *evaluación del desempeño*. Desde este punto de vista, se evidencia la necesidad de fortalecer las estrategias de planeación involucrando las diferentes partes interesadas de la unidad de negocio como la Alta Dirección, los laboratorios, las plantas piloto y el Departamento de Gestión de Infraestructura y Activos I+D. Por esta razón, se propone la realización de reuniones sistemáticas entre las partes mencionadas bajo la finalidad de consolidar la planeación estratégica de la gestión de activos de manera formal y documentada.

Lo anterior brindará la posibilidad a la organización de asegurar que todas las actividades que componen el ciclo de vida de sus activos se lleven a cabo bajo las estrategias planteadas por el equipo de trabajo de manera conjunta, puesto que, para lograr la eficacia de la gestión de activos, se debe garantizar la participación de todas las áreas de la organización, no solo las relacionadas con operación y mantenimiento. En este contexto, se presenta un análisis basado en el cuadro de mando integral (CMI), como alternativa de alineación entre los objetivos de las diferentes áreas de la empresa incluyendo la gestión de activos y sus estrategias, bajo un fin común.

En primera instancia, se presenta el estudio basado en el modelo de evaluación de sistemas de gestión de activos de I+D bajo la norma NTC-ISO 55001 desde las perspectivas del cuadro de mando integral (CMI), por ser una metodología que ayuda a las organizaciones a transformar su estrategia en objetivos operativos medibles a partir del uso de indicadores financieros o no financieros de forma conjunta según los factores claves que contribuyen al alcance de la visión y la estrategia organizacional de una empresa.

Las cuatro perspectivas del CMI son: finanzas, clientes, procesos y aprendizaje y desarrollo. El estudio realizado presentó una propuesta de modelo de evaluación de sistemas de gestión de activos de I+D bajo la norma NTC-ISO 55001, basada en la revisión de la literatura

científica realizada, la cual está conformada por 81 indicadores de gestión que abarcan las cuatro perspectivas del cuadro de mando integral mencionadas anteriormente. Este modelo permite hacer seguimiento al nivel de cumplimiento de los 67 criterios de evaluación contemplados en los requisitos de la norma NTC-ISO 55001 que son susceptibles de ser medidos con indicadores.

A su vez, se tomó como insumo la relación de los 28 indicadores de gestión del modelo anteriormente mencionado que fueron priorizados por un Centro de Innovación y Tecnología del sector *oil & gas*, a partir de la aplicación de la técnica de valoración multicriterio conocida como *proceso de jerarquía analítica*. Posteriormente, se estudió la facilidad de implementación del modelo propuesto considerando los indicadores del modelo priorizados y actualmente implementados por el centro de I+D.

El estudio realizado permite concluir que existe una alta coincidencia entre los criterios de desempeño que interesan ser evaluados por los centros de innovación y tecnología para medir el aporte estratégico de la gestión de activos desde el cuadro de mando integral y los aspectos que muestran evidencias del cumplimiento de los requisitos de los sistemas de gestión de activos contemplados en la norma NTC-ISO 55001. Respecto a esto, se demuestra en la investigación realizada que 73 de los 81 indicadores de gestión del modelo estudiado para evaluar la contribución estratégica de la gestión de activos desde las perspectivas del cuadro de mando integral, aportan a la medición del nivel de cumplimiento del 70 % de los requisitos y del 88 % de los criterios de evaluación contemplados en la norma NTC-ISO 55001 susceptibles de ser evaluados a través de indicadores.

Este análisis permite realizar un diagnóstico del grado de aporte de los indicadores actualmente implementados y priorizados por el Centro de Innovación y Tecnología para cubrir la medición de la totalidad de los requisitos de la norma. Finalmente, se concluye que con los 28 indicadores de gestión actualmente implementados y priorizados a nivel estratégico por el Centro de Innovación y Tec-

nología se puede hacer seguimiento a 53 de los criterios de evaluación contemplados en los requisitos de la norma NTC-ISO 55001 que son susceptibles de ser medidos con indicadores (79 %), por lo cual se le recomienda evaluar la conveniencia de implementar 14 indicadores adicionales a los actualmente evaluados y priorizados estratégicamente por esta entidad, con los cuales podría cubrir el 100 % de los criterios de evaluación contemplados en los requisitos de la norma.

Sin embargo, y como complemento a lo anterior se evidencia la necesidad de cuantificar el costo del activo a lo largo de su ciclo de vida. Para ello se plantea un estudio el cual está enfocado en el modelado del costo del ciclo de vida de los activos de I+D para el mismo Centro de Innovación y Tecnología como referencia para dar soporte a un sistema de gestión de activos que garantice la operación óptima de los equipos desde la concepción del activo hasta la eliminación o desincorporación del mismo. Para esto, la investigación realiza una descripción del proceso de costeo por ciclo de vida de una planta piloto y un laboratorio y sus aspectos más importantes con el fin de formular una herramienta teórica general que permita en un estudio futuro, observar las variaciones de los costos generados por el proceso de I+D en dicho centro del sector *oil & gas* y el impacto en la organización, especialmente en el proceso de mantenimiento.

En el caso específico del Centro de Innovación y Tecnología, se observó la implementación del costeo por procesos o departamentos para permitir el manejo de los costos de cada gerencia, que en su mayoría se asignan de forma global y a través de un porcentaje son asignados a cada laboratorio. Lo anterior, genera dificultad al momento de analizar el costo detallado de cada actividad relacionada a un laboratorio específico teniendo en cuenta el volumen de proyectos que se ejecutan. Este tipo de sistemas de costeo tradicionales en muchos casos no presentan de manera integral el costo de los activos a lo largo de su ciclo de vida en una organización y esto les impide tomar decisiones apropiadas de acuerdo a la situación de la misma; por este motivo surgió el sistema de costeo híbrido para dar solución a este problema.

El planteamiento de un modelo híbrido entre el costeo por ciclo de vida y el costeo basado en actividades, utilizado en la presente investigación, busca que este logre adaptarse a las necesidades de la organización y que sea lo suficientemente preciso para representar todas las variables que afectan la vida útil de un activo. También surge como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones al momento de realizar la incorporación y desincorporación de un activo teniendo en cuenta los costos en los que se pueden incurrir. El costeo híbrido no se debe definir como una metodología específica, ya que esta surge de la combinación de dos o más metodologías de acuerdo con las necesidades y objetivos de la organización. La estructuración de un sistema de costeo híbrido permite obtener información más completa respecto a los costos incurridos por cuanto el modelo se adapta bien al sistema de producción implementado por la empresa o al tipo de prestación de servicio desarrollado, adicionalmente permite ejercer un mayor control sobre los costos e implementar un sistema de mejoramiento continuo. Dadas estas circunstancias se planteó un modelo que tiene como fin observar los costos generados por un activo desde la identificación de la necesidad del mismo, es decir, desde la etapa de incorporación, hasta su desincorporación de la organización.

Se dio la elección del modelo matemático para el costeo del ciclo de vida propuesto por la norma ISO 15663, debido a que es posible obtener valores precisos y representar cuantitativamente el ciclo de vida de las plantas piloto y equipos de una manera integral a través de sus costos. Además, por medio de la ecuación matemática es posible analizar de manera detallada cuál de las etapas del ciclo genera un mayor costo, caso contrario de otros modelos que no permitían observar esto tan claramente. No obstante, el sistema de costeo propuesto genera una desventaja cuando se presenta un desconocimiento del modelo de ciclo de vida de un activo y el proceso de integración del mismo crea una dificultad en la implementación por la estructura de los sistemas de información en la clasificación de las cuentas contables. Sin embargo, este brinda una visión real de los costos en los que incurre la empresa en cada uno de sus departamentos o actividades a lo largo del ciclo de vida de los activos y se convierte en un soporte para la toma de decisiones y

en una forma de analizar los costos de manera detallada y minuciosa. A su vez, es importante tener en cuenta que la implementación del sistema de costeo se debe realizar de manera gradual debido al tamaño de la empresa y robustez de la información manejada.

Desde otro punto de vista, relacionado con el proceso de mantenimiento, se presenta el estudio de la parametrización de la severidad de los tipos de fallo para ocho plantas piloto en el Centro de Innovación y Tecnología del sector *oil & gas* objeto de estudio durante toda la investigación descrita en el presente libro. En este trabajo se parametrizó la severidad de los tipos de fallo priorizados de los activos I+D de las plantas piloto seleccionadas, a partir de la implementación de diferentes metodologías organizadas en tres (III) fases; fase I: diagnóstico MES (*Maintenance Effectiveness Survey*), fase II: ACR (*Root Cause Analysis*) y fase III: FMECA (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*), bajo las etapas de definir y medir de la metodología Six Sigma.

En la fase I se diagnosticó el proceso de mantenimiento de la empresa del sector *oil & gas* a partir de la metodología MES, la cual tiene en cuenta; (i) recursos gerenciales, (ii) gerencia de la información, (iii) equipos y técnicas de mantenimiento preventivo, (iv) planificación y ejecución, (v) soporte, calidad y motivación, y finalmente los (vi) aspectos técnicos asociados a la confiabilidad, con el fin de evaluar el desempeño de la gestión del mantenimiento como apoyo a la toma de decisiones. Mediante la aplicación de la técnica mencionada, se obtuvieron valoraciones elevadas en la perspectiva *Planificación y ejecución* mientras que las menores puntuaciones hacen referencia a la perspectiva *Gerencia de la información*. Lo anterior se ve reflejado en que existe una percepción positiva respecto a las estrategias de planificación del mantenimiento tanto preventivo como correctivo ejecutadas, pero se presenta discrepancia en la actualización de los registros de fallas en los sistemas de información de la organización SAP.

Como resultado de la aplicación de esta técnica se obtuvo un 75 % de los casos de estudio en el nivel de "muy buenas prácticas de mantenimiento" y el 25 % restante "clase mundial", sin embargo, los



encuestados expresaron deficiencias en ciertas preguntas de las diferentes perspectivas, para las cuales fueron propuestas 54 acciones de mejora para todas las preguntas cuyos resultados se ubicaron en los niveles de calificación más bajos las cuales son: Recursos gerenciales, Gerencia de la información, Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo, Planificación y ejecución, Soporte, calidad y motivación, y Aspectos técnicos de la gestión de mantenimiento.

En la fase II se identificaron los posibles tipos de fallo, a partir de análisis de causa raíz (ACR) con el fin de prevenir la frecuencia, minimizar y controlar los efectos de las fallas, escogiendo el 80 % de estos teniendo en cuenta su cálculo del riesgo total anual (RTA). Las plantas piloto fueron asumidas como un único activo para la empresa, y por ende para la aplicación del ACR. De los once ACR realizados, se llegó en un 100 % a nivel de causa raíz, todas estas fueron clasificadas como causa raíz latente, y se hizo énfasis en la ausencia o mejora de procedimientos institucionales para llevar a cabo las tareas proactivas de mantenimiento e inspección, se ofrecieron a la empresa acciones prácticas de mejoramiento en sus procesos. Por otra parte, se evidenció que el 47 % de los tipos de fallo priorizados por el RTA hacen referencia al tipo instrumental, otro 47 % mecánico, el 6 % restante eléctrico.

En la fase III, se llevó a cabo el análisis de los tipos de fallo priorizados, su severidad y su frecuencia de ocurrencia, a partir de la implementación del análisis de tipos y criticidad de fallo. La severidad del tipo de fallo se calculó en función de tres escenarios: fuego, explosión y toxicidad. Adicionalmente, se empleó el formato matriz valoración de riesgos (RAM) para la valoración del riesgo al efecto asociado; estos fueron registrados en los análisis de modos, efectos y criticidad de fallo (AMFEC o FMECA) actualizado a partir de la comparación del formato AMFE de la empresa frente a la norma española UNE-EN-60812, al cual se le presentaron una serie de recomendaciones con el fin de mejorar su efectividad. Teniendo en cuenta el objetivo planteado en la investigación se concluye que respecto a la severidad del tipo y del efecto del fallo, de los 10 cálculos RAM de la severidad para los tipos de fallos priorizados el 50 % se encuentra en nivel "medio", el 30 % se encuentra en nivel "bajo"

y el 20 % restante se encuentra en nivel "nada". Se planteó, para el próximo nivel de la investigación, analizar las características del servicio de mantenimiento que permitan proponer modelos de optimización basados en criterios de fiabilidad de manera que se pueda obtener el recurso humano y material óptimo para el desarrollo de los planes de mantenimiento.

Finalmente, la gestión de información desempeña también un papel importante, puesto que los datos que generan las actividades de gestión de activos deben procesarse para generar información que aporte valor a la organización. Por tal motivo, bajo la necesidad de asegurar la gestión documental de las diferentes investigaciones asociadas a la gestión de activos explicadas anteriormente se desarrolló el sistema de web de información denominado *ActivosID*. Este aplicativo tiene como valor esencial el cumplimiento oportuno de las metas planteadas soportado por informes que son evaluados por una cadena de investigadores-supervisores de las dos instituciones aliadas. Su funcionalidad fue garantizada desde los inicios de las actividades del nivel instrumental llevado a cabo durante toda la investigación, y ha alcanzado, durante cada periodo mensual de tiempo, nuevas funcionalidades y mayor robustez, de acuerdo con su metodología de desarrollo evolutivo.

El sistema web de información *ActivosID*, fue sometido a un proceso de pruebas de seguridad informática hasta alcanzar el certificado digital; con ello se ofrece un nivel satisfactorio de seguridad. Sin embargo, este proceso debe ser periódicamente reforzado para que el sitio mantenga el nivel de seguridad esperado ante eventuales formas nuevas de ataque informáticos. Su aporte principal, se vio reflejado con la finalización de las actividades del nivel instrumental mediante la entrega oportuna de todos los informes por parte de los investigadores asociados al proyecto, lo que garantizó el aseguramiento de toda la documentación sin pérdida de los reportes realizados. A su vez, proporcionó el cumplimiento por parte de todos los involucrados de las fechas establecidas para la entrega de los informes mejorando así las funcionalidades del trabajo conjunto y en equipo. Estas estrategias contribuyen a la satisfacción de las necesidades de las entidades asociadas y hace parte de los primeros



esfuerzos para el fortalecimiento de los procesos relacionados con la gestión de activos I+D.

Uno de los factores más relevantes de la herramienta realizada, es la continuación de su operatividad, no solo durante el nivel instrumental, sino también para los futuros proyectos enfocados en los siguientes niveles de la investigación, operacional, táctico y estratégico, que permitirá la optimización de estrategias de mantenimiento para los activos I+D, tal como se dijo al principio del presente libro. Los usuarios podrán tener acceso controlado a la aplicación sin la posibilidad de que los documentos existentes sean alterados lo cual será una ventaja para la verificación documental en un solo sitio, con información confiable, y organizada y sin necesidad de imprimir altos volúmenes de papel, lo cual es una actividad favorable para la preservación del medio ambiente y la aplicabilidad de las estrategias cero papel en las instituciones aliadas.



**SU OPINIÓN**



Para la Editorial UPB es muy importante ofrecerle un excelente producto. La información que nos suministre acerca de la calidad de nuestras publicaciones será muy valiosa en el proceso de mejoramiento que realizamos.  
Para darnos su opinión, comuníquese a través de la línea (57)(4) 354 4565 o vía e-mail a [editorial@upb.edu.co](mailto:editorial@upb.edu.co)  
Por favor adjunte datos como el título y la fecha de publicación, su nombre, e-mail y número telefónico.

Esta obra se publicó  
en archivo digital en el mes  
de julio de 2019.

Este libro es el resultado de una investigación que tiene como propósito central la optimización del mantenimiento instrumental de Activos de Investigación y Desarrollo (I+D) de un centro de innovación y tecnología del sector *Oil & Gas* aplicada a una muestra representativa de laboratorios y plantas piloto existentes en la organización. En el primer capítulo del libro, se desarrolla la referenciación y análisis de metodologías y requerimientos de un sistema de gestión del mantenimiento de activos I+D para proponer un modelo integral propio de un centro de innovación y tecnología. Posteriormente, en el capítulo dos, se lleva a cabo la construcción de los indicadores clave de desempeño para el control efectivo del proceso de mantenimiento de activos I+D. En el tercer capítulo, se describe un análisis de costos de los activos I+D de las plantas piloto y laboratorios priorizados a lo largo de su ciclo de vida con el fin de diagnosticar y proponer las estrategias óptimas de costos. En el cuarto capítulo, se lleva a cabo la parametrización de los tipos de falla de los activos I+D relevantes de las plantas piloto priorizadas, a partir de un análisis de criticidad de equipos, un análisis de causa raíz y caracterización de los riesgos de operabilidad con el análisis de modos, efectos y criticidad de falla (FEMECA). Finalmente, el quinto capítulo describe el diseño de un aplicativo web para la gestión documental como base para el desarrollo de las fases del proyecto.

ISBN: 978-958-764-689-4



ISBN: 978-958-764-690-0  
<https://repository.upb.edu.co/>