



**Desarrollo de un sistema software para automatizar los Procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana haciendo uso de un motor BPM Open Source y su validación por medio de firma electrónica.**

Esparza Cano, David Alejandro y Gallegos Carvajal, Diego Steven

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Software

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Software

Ing. Espinel Mena, Gonzalo Patricio, Mgs

Latacunga



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SOFTWARE

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular, **“Desarrollo de un sistema software para automatizar los Procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana haciendo uso de un motor BPM Open Source y su validación por medio de firma electrónica.”**, fue realizado por los señores Esparza Cano, David Alejandro y Gallegos Carvajal, Diego Steven, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Latacunga 31 de enero del 2022**

GONZALO PATRICIO ESPINEL MENA -  
0501645790

Firmado digitalmente  
por GONZALO  
PATRICIO ESPINEL  
MENA - 0501645790

Ing. Espinel Mena, Gonzalo Patricio, Mgs.

C.C.: 0501645790



Monografia\_Trabajo\_de\_Titulacion\_v8.pdf

Scanned on: 20:4 January 21, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	110
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	245
Omitted Words	1298

GONZALO PATRICIO ESPINEL MENA  
- 0501645790

Finado digitalmente por  
GONZALO PATRICIO ESPINEL MENA -  
0501645790



Website | Education | Businesses



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN  
SOFTWARE AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Esparza Cano, David Alejandro y Gallegos Carvajal, Diego Steven declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "Desarrollo de un sistema software para automatizar los Procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana haciendo uso de un motor BPM Open Source y su validación por medio de firma electrónica." es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas. Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga 27 de agosto del 2021

Esparza Cano, David Alejandro

C.C: 0401993217

Gallegos Carvajal, Diego Steven

CC: 1723652184



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN  
SOFTWARE

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Esparza Cano, David Alejandro y Gallegos Carvajal, Diego Steven autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Desarrollo de un sistema software para automatizar los Procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana haciendo uso de un motor BPM Open Source y su validación por medio de firma electrónica." en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga 27 de agosto del 2021

Esparza Cano, David Alejandro

CC: 0401993217

Gallegos Carvajal, Diego Steven

CC: 1723652184

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar el presente trabajo a mis padres, Alejandra Cano y Edwin Esparza, ya que ellos siempre me han apoyado y han confiado en mí, de no ser por ellos no hubiera podido lograr nada de lo que he logrado en mi vida, espero poder desenvolverme como un buen profesional para poder devolverles todo lo que han hecho por mí.

**David Esparza**

Lleno de regocijo, amor y esperanza quiero dedicar el presente proyecto a mi madre y padre que supieron aconsejarme, darme ánimos en este largo camino y llenarme de sabiduría y valor para tomar mis propias decisiones, gracias a ello ser un excelente profesional y sobre todo un gran ser humano.

A mis hermanos que han sido mi motor para seguir adelante, que supieron levantarme y motivarme constantemente para alcanzar mis anhelos aun con todas las dificultades que se han presentado en el camino.

Y sobre todo a Dios quien ha forjado mi camino, me ha guiado por el sendero correcto en todo momento, ayudándome a aprender de mis errores y a no volver a caer en ellos, gracias por ser el conductor de mi vida.

**Diego Gallegos**

## **Agradecimiento**

Quiero agradecerle a mi familia por todo el apoyo y la compañía que me han dado durante esta etapa de mi vida.

A mi compañero y amigo Diego Gallegos por el esfuerzo, trabajo duro y por su amistad no solo durante el desarrollo de nuestro proyecto de tesis si no también durante toda nuestra carrera universitaria.

Al capitán Guillermo Escobar, capitán Luis Egas, Mayor Franklin Herrera y a todo el personal de la unidad de compras públicas de la comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, por la confianza y las facilidades que nos brindaron durante todo el desarrollo de nuestra tesis.

A nuestro tutor, el Ingeniero Gonzalo Espinel porque supo guiarnos de la mejor forma durante el desarrollo de nuestro proyecto.

Por último, quiero agradecerles a todos mis amigos que siempre estuvieron pendientes y supieron ayudarnos con cualquier duda o inquietud que surgiera durante nuestro proceso de titulación.

### **David Esparza**

Principalmente agradezco a Dios por darme la dicha de compartir día a día con mis seres queridos, mi familia, mis amigos y por dejar que termine este ciclo con el mayor de los éxitos.

A mi madre, a mi padre y a mis hermanos por siempre apoyarme en todas las decisiones tomadas en este largo camino y ser una guía para lograr todas mis metas.

Por último, a mi amigo de universidad David Alejandro Esparza Cano, por su gran entrega, dedicación al presente proyecto y por brindarme una amistad incondicional junto con tantos gratos y buenos momentos.

### **Diego Gallegos**

**Tabla de contenidos**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>certificación .....</b>	<b>2</b>
<b>Reporte de verificación de contenido .....</b>	<b>3</b>
<b>Autoría de responsabilidad .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización.....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla de contenidos.....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>11</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>13</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>14</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>15</b>
<b>Introducción al proyecto.....</b>	<b>16</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>16</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>18</b>
<b>Descripción resumida del proyecto.....</b>	<b>19</b>
<b>Justificación e importancia .....</b>	<b>21</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>23</b>
<b><i>Objetivo general .....</i></b>	<b><i>23</i></b>

<i>Objetivos específicos</i> .....	23
<i>Meta</i> .....	23
<i>Hipótesis</i> .....	24
VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	24
<i>Variable independiente</i> .....	24
<i>Variable dependiente</i> .....	24
Marco teórico.....	26
Introducción.....	26
Antecedentes Históricos .....	26
<i>Evolución de BPM</i> .....	26
<i>Evolución de la firma electrónica</i> .....	30
Antecedentes Referenciales .....	30
Antecedentes conceptuales.....	32
Antecedentes Contextuales .....	45
<i>Ubicación y contextualización de la problemática</i> .....	45
Desarrollo del sistema .....	46
Introducción.....	46
Especificación requisitos de software .....	48
<i>Requisitos Funcionales</i> .....	50
<i>Diagramas modelo C4</i> .....	79
<i>Diagrama Base de datos</i> .....	84

Definición y modelado de procesos .....	86
Implementación de los procesos modelados .....	90
<i>Despliegue del proyecto</i> .....	96
Pruebas .....	96
<i>Pruebas Unitarias</i> .....	97
<i>Pruebas de Integración</i> .....	98
<i>Pruebas de sistema</i> .....	99
Validación del sistema .....	101
Introducción .....	101
Aceptación del sistema .....	101
Recolección de Datos.....	105
Resultados de la recolección de Datos .....	109
Análisis de resultados .....	111
Discusión de resultados.....	115
Conclusiones y Recomendaciones.....	116
Conclusiones .....	116
Recomendaciones .....	117
Bibliografía.....	120
Anexos .....	126

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Epica 1</i> .....	50
<b>Tabla 2</b> <i>Epica 2</i> .....	51
<b>Tabla 3</b> <i>Epica 3</i> .....	51
<b>Tabla 4</b> <i>Epica 4</i> .....	52
<b>Tabla 5</b> <i>Epica 5</i> .....	53
<b>Tabla 6</b> <i>Epica 6</i> .....	53
<b>Tabla 7</b> <i>HU-0001</i> .....	54
<b>Tabla 8</b> <i>HU-0002</i> .....	56
<b>Tabla 9</b> <i>HU-0003</i> .....	58
<b>Tabla 10</b> <i>HU-0004</i> .....	61
<b>Tabla 11</b> <i>HU-0005</i> .....	62
<b>Tabla 12</b> <i>HU-0006</i> .....	65
<b>Tabla 13</b> <i>HU-0007</i> .....	69
<b>Tabla 14</b> <i>HU-0008</i> .....	72
<b>Tabla 15</b> <i>HU-0009</i> .....	75
<b>Tabla 16</b> <i>HU-0010</i> .....	76
<b>Tabla 17</b> <i>Pruebas unitarias</i> .....	97
<b>Tabla 18</b> <i>Pruebas de integración</i> .....	99
<b>Tabla 19</b> <i>Pruebas de sistema</i> .....	100
<b>Tabla 20</b> <i>Encuesta SUS</i> .....	103
<b>Tabla 21</b> <i>Resultado de evaluación de test SUS</i> .....	104
<b>Tabla 22</b> <i>Horas de trabajo necesarias para el cumplimiento de tareas realizadas por proceso de forma tradicional</i> .....	105

<b>Tabla 23</b> <i>Horas de trabajo necesarias para el cumplimiento de tareas realizadas por proceso utilizando el proceso de automatización.....</i>	107
<b>Tabla 24</b> <i>Tiempo promedio de ejecución de cada etapa medido en horas.....</i>	110
<b>Tabla 25</b> <i>Número de tarea manuales realizada en cada etapa .....</i>	110
<b>Tabla 26</b> <i>Cálculo de la media de la diferencia de los tiempos .....</i>	113

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Modelo del ciclo de vida iterativo en Scrum</i> .....	47
<b>Figura 2</b> <i>Modelo del ciclo de vida BPM (Business Process Management)</i> .....	47
<b>Figura 3</b> <i>Diagrama de contexto</i> .....	80
<b>Figura 4</b> <i>Diagrama de contenedor</i> .....	81
<b>Figura 5</b> <i>Diagrama de componentes</i> .....	82
<b>Figura 6</b> <i>Diagrama de clases</i> .....	84
<b>Figura 7</b> <i>Diagrama Entidad-Relacion de Postgresql</i> .....	85
<b>Figura 8</b> <i>Flujograma de trabajo BPM</i> .....	90
<b>Figura 9</b> <i>Dependencias de motor BPM open source Activity</i> .....	91
<b>Figura 10</b> <i>Controlador Rest BPM</i> .....	92
<b>Figura 11</b> <i>Servicio BPM</i> .....	93
<b>Figura 12</b> <i>Dependencias necesarias para la funcionalidad Firma Electrónica</i> .....	94
<b>Figura 13</b> <i>Método guardar file</i> .....	95
<b>Figura 14</b> <i>Método Guardar</i> .....	95

## Resumen

Este proyecto está orientado al desarrollo de un sistema software para automatizar los Procesos de contratación por procedimiento al exterior (PEX) en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana haciendo uso de un motor BPM Open Source y su validación por medio de firma electrónica. Se contemplaron cuatro etapas principales: la primera está enfocada en la redacción del marco teórico, el cual está asociado a las metodologías, técnicas, importancia de la firma electrónica y la automatización de procesos empresariales, haciendo uso de una herramienta BPM open source. La segunda etapa, consta del análisis y diseño de un aplicativo web, que permite automatizar los procesos PEX y legalizar documentos por medio de la firma electrónica; la automatización BPM, permite controlar el orden de ejecución de las tareas o subprocesos del PEX al mismo tiempo que aumenta la eficiencia, productividad y optimiza tiempo y recursos, se integra la herramienta de firma electrónica en el aplicativo web con la finalidad de facilitar la legalización de toda la documentación generada durante el desarrollo del PEX. En la tercera etapa se implementa un motor BPM open source, el cual se integra fácilmente con las tecnologías seleccionadas para el desarrollo del producto software, así como también se despliega el módulo correspondiente a la firma electrónica. La etapa final consta de la implantación de la aplicación en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, además de la validación del sistema que se enfoca principalmente en el cumplimiento de los objetivos y los indicadores del proyecto midiendo el grado de satisfacción del usuario es decir evaluando la usabilidad del sistema.

Palabras clave:

- **AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS**
- **FIRMA ELECTRÓNICA**
- **BPM BUSINESS PROCESS MANAGEMENT.**
- **CONTRATACIÓN PÚBLICA**
- **PEX PROCEDIMIENTO AL EXTERIOR.**

**Abstract**

This project is oriented to the development of a software system to automate the contracting processes by foreign procedure (PEX) in the Command of the Ecuadorian Air Force using an Open-Source BPM engine and its validation by means of electronic signature. Four main stages were considered: the first is focused on the drafting of the theoretical framework, which is associated with the methodologies, techniques, importance of the electronic signature and the automation of business processes, using an open-source BPM tool. The second stage consists of the analysis and design of a web application, which allows automating the PEX processes and legalizing documents by means of electronic signature; the BPM automation allows controlling the order of execution of the PEX tasks or sub-processes while increasing efficiency, productivity and optimizing time and resources; the electronic signature tool is integrated into the web application in order to facilitate the legalization of all the documentation generated during the development of the PEX. In the third stage, an open-source BPM engine is implemented, which is easily integrated with the technologies selected for the development of the software product, as well as the electronic signature module is deployed. The final stage consists of the implementation of the application in the Command of the Ecuadorian Air Force, in addition to the validation of the system that focuses mainly on the fulfillment of the objectives and indicators of the project by measuring the degree of user satisfaction, i.e. evaluating the usability of the system.

Key words:

- **PROCESS AUTOMATION**
- **ELECTRONIC SIGNATURE**
- **BPM BUSINESS PROCESS MANAGEMENT**
- **PUBLIC PROCUREMENT**
- **PEX PROCEDURE ABROAD**

## Capítulo I

### 1. Introducción al proyecto

#### 1.1 Antecedentes

La Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana es una institución del estado perteneciente a las Fuerzas Armadas cuya finalidad es desarrollar la capacidad militar aeroespacial, que garantice la defensa de la soberanía e integridad territorial; y, apoyar con su contingente al desarrollo nacional y a la seguridad pública y del Estado. Para poder cumplir con esta misión la Comandancia ejecuta tareas administrativas entre las cuales destacan los procesos de contratación pública.

La contratación pública, tiene sus principios en la ley de hacienda de 1927 que era la que se encargaba de las compras de insumos, materiales que necesitaba el gobierno para su funcionamiento, exigía al estado la licitación para ciertos contratos que superaba la cuantía; está también pedía que intervenga el Contralor General de la Nación, para la celebración de contratos que necesiten egresos públicos. (Bravo Chango, G. R. 2018). El procedimiento al exterior es catalogado como un “caso especial” dentro de los procesos de contratación pública, por lo tanto, las organizaciones o entidades que requieran realizar estos procesos necesitan la autorización del Estado Ecuatoriano.

El motivo por el cual la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana obtuvo la autorización para poder ejecutar los procesos de contratación por procedimiento al exterior fue la siguiente: Las aeronaves, radares y armas que son utilizados por la Fuerza Aérea Ecuatoriana tienen un origen y fabricación extranjera, que por su complejidad y desarrollo tecnológico, la industria aeronáutica y militar del país no se encuentra en la capacidad de fabricar las partes y repuestos para dichos componentes, con el fin de realizar la adquisición de bienes, dentro del territorio nacional, por lo que es indispensable y obligatorio recurrir a proveedores extranjeros caracterizados por ser fabricantes o productores autorizados y certificados por la casa fabricante.

La administración de los procesos de negocio (BPM) se ha convertido en una de las principales herramientas de las organizaciones para aumentar su productividad, el control y la eficacia de sus actividades, además de mejorar su capacidad de respuesta ante los cambios. Para lograr estos objetivos, es frecuente que las organizaciones busquen constantemente adaptar, mejorar y optimizar sus procesos a través de la implementación de sistemas de administración de procesos (Business Process Management System – BPMS). (Rico Acosta, C. P. 2011).

En Latinoamérica se tiene una alta dificultad en la transformación del diseño optimizado del proceso, hacia procesos implantados en tecnologías de información, y que en la gestión de estos proyectos se obvian importantes tópicos que aseguran el éxito de su implementación y el mantenimiento de estos en producción. (Rico Acosta, C. P. 2011)

Al tratar con la ejecución de procesos, el personal administrativo encargado de realizar esta tarea maneja varios documentos los cuales por su integridad requieren de una firma. Comúnmente se asimila que al momento de firmar documentos esta firma debe ser de forma manual en un papel. Con el uso de tecnologías en auge este proceso ya no se puede efectuar debido a que resulta imposible firmar manuscritamente un documento digital, esto ha obligado a las personas a buscar nuevas formas de validar y legalizar la autenticidad de los documentos electrónicos. Lo que ha dado origen a la tendencia de eliminar o suprimir buscando sustitutos para la firma tradicional los cuales deben tener el mismo efecto legal, como por ejemplo la firma electrónica. (Zayas, F., & Milagro, Y. 2013)

## **1.2 Planteamiento del problema**

La Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana como entidad gubernamental desempeña labores administrativas con el fin de fortalecer su estructura organizacional y cumplir con su misión y visión.

La Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana posee la autorización del Estado Ecuatoriano para la contratación por procedimiento al exterior, estos procesos al ser denominados “caso especial” no cuentan con soporte de ejecución y administración en el Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP), motivo por el cual su desarrollo requiere de un mayor tiempo y complejidad a diferencia del resto de procesos de contratación pública.

Los procesos de contratación por procedimiento al exterior son de suma importancia para la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, ya que estos procesos hacen referencia a todo procedimiento correspondiente a la adquisición de bienes o servicios desde el extranjero. Sin embargo, actualmente la ejecución de dichos procesos resulta una tarea larga y tediosa, a la cual resulta difícil darle un seguimiento debido a que se realiza de forma manual por medio de documentos estandarizados, que son manejados físicamente por el personal administrativo.

La Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana no cuenta con una herramienta tecnológica adecuada que permita la ejecución de los procesos de contratación por procedimiento al exterior, ya que estos se realizan de forma manual mediante el uso de documentos físicos por parte del personal administrativo militar o civil. Al momento de realizar el procedimiento al exterior (PEX) y no utilizar una herramienta software BPM para la automatización de dichos procesos no se puede hacer un seguimiento y control de las tareas que se llevan a cabo en cada fase del PEX, además de provocar pérdidas significativas de tiempo.

¿Cómo automatizar los procesos de contratación por procedimiento al exterior de la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana?

### **1.3 Descripción resumida del proyecto**

El presente trabajo tiene como fin el desarrollo de un sistema software de Gestión de Procesos Empresariales que permita automatizar los procesos de contratación por procedimiento al exterior de la Comandancia

de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, utilizando herramientas open source BPM. Además de permitir la legalización de dichos procesos por medio del uso de las firmas electrónicas del personal militar y civil, logrando reducir tiempo y recursos a la vez que se incrementa la productividad.

El proyecto está conformado por 4 etapas principales:

La primera etapa que considera el desarrollo de un marco teórico, en el cual se describe los conceptos, ventajas, características e importancia de Business Process Management (BPM) y Firma electrónica, además, se describe las tecnologías que se utilizan en el desarrollo del proyecto.

La segunda etapa se enfoca en el análisis y diseño del sistema software, se utilizará y adaptará la metodología Scrum por su enfoque iterativo similar a los principios de Business Process Management (BPM). De acuerdo con la metodología, para el análisis utilizamos historias de usuario para obtener los requisitos del sistema, con el fin de describir cómo se están ejecutando los procesos de contratación por procedimiento al exterior de la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. Acorde a la metodología empresarial BPM, diseñamos los flujos de trabajo correspondientes a la ejecución de los múltiples procesos que se manejan de forma interna en el departamento de Compras Públicas de la Comandancia.

Para la etapa número 3, en el desarrollo se utilizará Spring Boot que es un framework para la elaboración de aplicaciones web, escrito en Java

que reduce la complejidad de la creación de nuevos proyectos basados en Spring, el cual se integra con el motor BPM Open Source Activiti por medio de sus dependencias las cuales son administradas por el gestor Maven y archivos de configuración XML basados en los flujos de trabajo antes mencionados. De manera adicional para legalizar los documentos generados en cada proceso se incluye una legalización por medio de firma electrónica al final de cada etapa de los procesos que requieran una interacción con el usuario. Adicionalmente la base de datos que se utilizará es postgresSQL la cual se integra fácilmente al framework mencionado.

La etapa final consta de la implantación de la aplicación en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, además de la validación del sistema que estará enfocada principalmente en el cumplimiento de los objetivos y los indicadores del proyecto por medio de pruebas de funcionalidad, sin restarle importancia al grado de satisfacción del usuario es decir evaluando la usabilidad del sistema.

#### **1.4 Justificación e importancia**

La gestión de procesos de negocio (BPM) se ha llegado a convertir en un pilar base que ayuda a comprender mejor a la organización, con el fin de entender lo que realmente necesita para mejorar en la toma de decisiones y optimización de sus tareas; sin embargo para un mejor aprovechamiento total de la Gestión de Procesos de Negocios es necesario la integración de un conjunto de herramientas tecnologías que facilitan la administración de cada flujo de trabajo, estas son conocidas como Business Process Management Systems (Pérez Gil, J. C. 2019).

El presente proyecto contribuye, a través del desarrollo de un sistema software, a la sistematización/automatización de los procesos de contratación por procedimiento al exterior, ayudando a incrementar la eficiencia de ejecución de dichos procesos en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. Además de implementar el manejo de la Firma Electrónica la cual es una aplicación tecnológica, cuyo uso ayuda a disminuir riesgos por adulteración de documentos digitales, asegurando al usuario de esta tecnología la autenticidad, integridad, no repudio y confidencialidad en sus transacciones comerciales realizadas a través de internet. (Lizano Martinez, R., Madril Romero, C., & Villao Quezada, F. 2014)

Los beneficios que generará el desarrollo del presente proyecto son:

Para el personal militar y civil de la Comandancia al contar con un sistema que automatiza los procesos de contratación por procedimiento al exterior que se vienen ejecutando de manera manual, mejorando la comunicación interna y fomentando la transparencia en la información.

Para la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana al ejecutarse este proceso de una mejor manera lo que promoverá la generación segura e integra de documentación de calidad, disminución de tiempos y recursos, aumento de la eficiencia y la eficacia en los procesos de contratación por procedimiento al exterior, es decir, se promueve la mejora continua.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1. *Objetivo general*

Desarrollar un sistema software para automatizar los Procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana haciendo uso de un motor BPM Open Source y su legalización por medio de firma electrónica.

### 1.5.2. *Objetivos específicos*

- Formular el marco teórico vinculado a la automatización BPM.
- Diseñar el flujo de trabajo acorde a la notación BPMN y el análisis de los requerimientos para el desarrollo del sistema.
- Desarrollar un sistema software empleando una metodología adecuada para el desarrollo de sistemas web incluyendo un motor BPM Open Source, así como también el uso de firma digital para aumentar la seguridad e integridad de los documentos que se manejen durante la ejecución de los procesos que se desean automatizar.
- Validar el sistema mediante pruebas de funcionalidad y de usabilidad, en conjunto con el personal administrativo de la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

### 1.5.3. *Meta*

Desarrollo de un sistema software para automatizar los Procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza

Aérea Ecuatoriana haciendo uso de un motor BPM Open Source y su legalización por medio de firma electrónica.

#### **1.5.4. Hipótesis**

Si se desarrolla un sistema software con el uso de un motor BPM Open Source y firma electrónica entonces podremos automatizar los procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

### **1.6 Variables de la investigación**

#### **1.6.1. Variable independiente**

Sistema software empresarial apoyado por un motor BPM open source.

Un sistema software empresarial apoyado por un motor BPM open source es un sistema informático el cual trabaja sobre herramientas software guiadas por la metodología BPM con el fin de mejorar la forma en la que se ejecutan los procesos internos de una organización.

#### **1.6.2. Variable dependiente**

Automatizar los procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea ecuatoriana.

#### **Indicadores**

- Reducción del tiempo promedio en la ejecución de los procesos.

- Menor tiempo promedio de generación de documentación correspondiente a los procesos.
- Acceso más rápido a la documentación generada en los procesos.
- Disminución del número de tareas ejecutadas de forma manual

## Capítulo II

### 2. Marco teórico

#### 2.1. Introducción

En el presente capítulo se recopilan los antecedentes referenciales, históricos, conceptuales y contextuales referentes a la automatización de procesos mediante el uso de herramientas BPM y firma electrónica.

De este modo, se describen las herramientas tecnológicas que permiten el desarrollo del presente proyecto, además de la integración de la metodología SCRUM, la cual presenta un enfoque iterativo similar a los principios de BPM.

Por lo tanto, el aporte de un marco referencial es primordial para poder delimitar el problema, plantear definiciones, fundamentar las hipótesis o afirmaciones que al finalizar el proyecto tendrán que verificarse, e interpretar los resultados del estudio.

#### 2.2. Antecedentes Históricos

##### 2.2.1. *Evolución de BPM*

###### a. El Origen

A principios del siglo 20, surge la idea de poder describir al trabajo o a las actividades laborales como un proceso, Frederick Winslow Taylor o también conocido como el padre de la ingeniería industrial denominado así

por varios autores quienes le atribuyen aportes en métodos de observación, buenas prácticas y medición del trabajo.

Con base en estos fundamentos, Taylor buscaba terminar la improvisación que existía en aquella época, es decir. En lugar de que cada trabajador realiza sus labores a su manera, encontrar la mejor forma de hacerla y estandarizar las buenas prácticas, logrando así aumentar la eficiencia.

#### **b. La Transición del mercado de la oferta al mercado de la demanda**

Según Hitpass, B. (2017). Cuando en los años 90 muchas empresas occidentales fueron azotadas por la recesión, debido a que los mercados llegaron a una situación de sobreoferta (motivo por el cual cambia al mercado de demanda) y el comienzo de la globalización, aparece el Business Process Reengineering (BPR) como medida de salvación para desburocratizar las empresas y ser más eficientes en sus negocios.

#### **c. La reingeniería de procesos precursora de BPM**

A principios de los años 90, la creciente y constante eficiencia de la industria asiática ocasionó una conmoción en los mercados de la industrialización occidental y generó temor en varios sectores por la posibilidad de su desaparición. La respuesta a esta amenaza la encontramos con la reingeniería de procesos BPR (Hitpass, B. 2017).

#### **d. Business Process Management (BPM)**

Para varios autores BPM es el cumplimiento de las metas empresariales por medio de la mejora, la gestión y el control de los procesos de negocio.

También puede ser definida como una disciplina de gestión centrada en aumentar el rendimiento corporativo a través de la gestión de procesos de negocio.

Una definición más amplia vendría a ser que la BPM es un enfoque sistemático para identificar, levantar, documentar, diseñar, ejecutar, medir y controlar tanto los procesos manuales como automatizados, con la finalidad de lograr a través de sus resultados en forma consciente los objetivos de negocio que se encuentran alineados con la estrategia de la organización. BPM abarca el apoyo creciente de TI con el objetivo de mejorar, innovar, y gestionar los procesos de principio a fin, que determinan los resultados de negocio, crean valor para el cliente y posibilitan el logro de los objetivos de negocio con mayor agilidad. (Hitpass, B. 2017)

#### **e. Sistemas de Gestión de Procesos de Negocio (BPMS)**

En los últimos años se han realizado muchas investigaciones en diferentes dominios en relación con las aplicaciones de los sistemas de información. La investigación reciente se caracteriza por el esfuerzo de aplicar sistemas de información a entornos heterogéneos y distribuidos. Los sistemas de información que se ocupan de la definición, administración, personalización y evaluación de tareas que evolucionan tanto de los procesos de negocio como de las estructuras organizativas se denominan Business

Process Management Systems (BPMS).

Reconociendo la necesidad de tales sistemas, muchas empresas de software están entrando en los mercados con primeros productos innovadores, basados en tecnología de flujos de trabajo, denominados Workflow Management Systems (WMS). Estos productos tienen la capacidad de definir y controlar el flujo de trabajo en una organización, transferir datos e integrar sistemas de información heredados, programas existentes y módulos de programas con el objetivo de facilitar la transformación de un proveedor a un enfoque de "servicios profesionales".

La idea principal de WMS se puede describir en una oración simple: Los sistemas de gestión de flujo de trabajo existentes son la primera generación de BPMS y tienen la capacidad de delegar tareas comerciales a las personas correctas en el momento justo utilizando los recursos de información adecuados. Un BPMS solo puede lograr tal objetivo si ofrece varios servicios de gestión de tareas. Entre estos servicios, el modelado adecuado de los procesos comerciales y las organizaciones subyacentes es el más esencial. También es de gran importancia el apoyo al análisis para verificar, evaluar y modificar procesos y estructuras organizativas. Además, un BPMS debe respaldar el uso de conocimientos relacionados con el conocimiento / desconocimiento del software integrado. (Karagiannis, D. 1995).

### **2.2.2. Evolución de la firma electrónica**

Según Irigoitia, M. L. (2016). La Firma electrónica ha evolucionado constantemente en los últimos años gracias a la necesidad de un mundo globalizado, esto debido a que las relaciones entre individuos se han tornado de una manera impersonal, es decir, las transacciones e interacciones se manejan de manera digital sin un vínculo físico, evitando así las enormes cantidades de papel que se generaban, en otras palabras, la despapelización de las tareas ha tenido una mayor aceptación últimamente. Esta tendencia da cabida a múltiples herramientas tecnológicas que garantizan la integridad y validez de la documentación digital, buscando cubrir cualquier expectativa de personas, empresas o entidades con respecto a la autoría y validez de la documentación.

### **2.3. Antecedentes Referenciales**

#### **a. Firma Electrónica**

El proyecto realizado por Tobar Estrella, M. (2006) analiza el funcionamiento de la firma electrónica, la cual nos permite que un comercio, una transacción o incluso los contratos sean validados y realizados de una manera segura a través de redes de información o comúnmente conocidas como internet.

Zayas, F., & Milagro, Y. (2013) habla sobre la importancia de la seguridad en las transacciones electrónicas como es la contratación pública o privada por vía digital entre la empresa y el postulante, la solución que plantea el autor es la firma digital o electrónica la cual nos da una validez de los documentos que se generan en

cualquier proceso administrativo debido a que la firma representa a una persona en concreto mediante datos electrónicos.

### **b. Automatización BPM**

El proyecto realizado por Supelano, K. L. (2015) abordó una propuesta comparativa que permite el uso y adaptación de un modelo BPM automatizable, posibilitando la eficiencia de la organización, en este caso el estudio está enfocado en la premisa de que la automatización de procesos inicia desde su documentación. La metodología desarrollada por el autor proporciona una recopilación de los procesos actuales de la entidad en estudio, muestra su estructura e identifica aquellos que aumentan, agregan o no agregan valor. En base a esto, se pueden proponer mejoras de procesos para aumentar la eficiencia organizacional, de las cuales han sido documentadas para facilitar su aplicación, que es el punto clave a la hora de proponer dicho modelo.

Para los autores Tito, Villareal y Realpe (2018) el enfoque BPM utilizado en su proyecto fue de gran impacto en el cumplimiento de su objetivo de estudio, demostrando que todos los procesos administrativos de su caso práctico, que no se incluyen en el sistema informático de su institución generaban la problemática del mal manejo e interpretación de varios procesos internos.

Acorde al trabajo realizado por Aushay y Garcia (2017) la interacción entre diferentes departamentos de la estructura organizativa y la mala sistematización que hace obligatoria la intervención humana promovió un bajo desempeño y una disminución significativa en la eficacia y eficiencia de

los procesos que fueron identificados como su caso de estudio, llegando a la conclusión de la necesidad e importancia de la implementación de un sistema software basado en la metodología BPM.

## **2.4. Antecedentes conceptuales**

### **a. Metodologías de desarrollo ágil**

El mundo empresarial actual opera en un entorno global que cambia rápidamente; Por ello, es necesario atender las nuevas necesidades y oportunidades del mercado, considerando el software como un componente de la mayoría de las actividades empresariales, para desarrollar soluciones de TI de manera ágil para poder dar calidad a todo lo que sea necesario.

Las metodologías ágiles presentan la flexibilidad como característica principal, los proyectos de desarrollo se desglosan en proyectos más pequeños, esto incluye la comunicación continua con los usuarios, son altamente colaborativos y más fáciles de adaptarse a los cambios. De hecho, cambiar los requisitos del cliente es una característica especial, al igual que la entrega, revisión y retroalimentación constantes. (Montero, B. M., Cevallos, H. V., & Cuesta, J. D. 2018)

Entre las metodologías de desarrollo ágil más utilizadas, se encuentran:

- Scrum
- Programación extrema (XP)
- Crystal Clear

#### **b. Metodología XP**

Según Montero, B. M., Cevallos, H. V., & Cuesta, J. D (2018) Extreme Programming, o XP, es la metodología ágil más popular. Fue desarrollado por Kent Beck con el objetivo de orientar a grupos de trabajo pequeños y medianos, de dos a diez programadores, en entornos con requisitos imprecisos o cambiantes.

La característica principal de esta metodología son las historias de usuarios, que son consistentes con la tecnología de identificación de requisitos; Estos son los formatos en los que el cliente describe las características y funciones que debe tener el sistema. (Montero, B. M., Cevallos, H. V., & Cuesta, J. D. 2018)

En esta metodología, se lleva a cabo un proceso conocido como el juego de planificación, se define la fecha de implementación y el alcance de entrega del trabajo, y el cliente define las historias de usuario y el desarrollador en consecuencia es capaz de determinar las características de la entrega, el costo de implementación y la cantidad de interacciones a completar. Para cada iteración el cliente estipula cuales son las historias de usuario que componen una entrega funcional. (Montero, B. M., Cevallos, H. V., & Cuesta, J. D. 2018)

Las versiones pequeñas se crean utilizando ciclos de desarrollo cortos, llamados iteraciones, que muestran al cliente algunas de las funciones finales del software y obtienen comentarios de ellas.

Una característica distintiva de este enfoque es la programación por pares, que dicta que cada característica debe ser desarrollada por dos programadores, y que los pares deben cambiar con una cierta frecuencia, para compartir el conocimiento no solo de una persona sino de todo el grupo. (Montero, B. M., Cevallos, H. V., & Cuesta, J. D. 2018)

Para terminar con lo relevante de esta metodología, se presenta una etapa muy importante en la cual se aplican las pruebas de aceptación, una vez que se ha desarrollado una funcionalidad, entra a pruebas por parte del cliente, dando su aprobación.

### **c. Metodología Crystal Clear**

Alistair Cockburn es la fuerza impulsora detrás de la serie Crystal Method. Ofrece un enfoque ágil que enfatiza la comunicación y una tolerancia que lo hace ideal en situaciones donde no se puede aplicar la disciplina requerida por XP. Crystal "Clear" es la encarnación más ágil de la serie y de la que más documentación se dispone. Se define como muy centrado en la comunicación y muy ligero en relación con los productos de entrega. Crystal gestiona iteraciones cortas con comentarios frecuentes de usuarios / clientes,

lo que reduce la necesidad de productos intermedios. Otro tema que se ha planteado es la necesidad de que un usuario real, incluso si trabaja a tiempo parcial, realice la validación de la interfaz de usuario y participe en la definición de los requisitos no funcionales y no funcionales. (Amaro Calderón, S. D., & Valverde Rebaza, J. C. 2007)

#### **d. Metodología Scrum**

Scrum no corresponde a ninguna sigla, su nombre proviene del deporte del rugby, que práctica la necesidad de recuperarse rápidamente ante un error. (Montero, B. M., Cevallos, H. V., & Cuesta, J. D. 2018)

Scrum es un framework diseñado de una manera que logra una colaboración eficaz en el grupo de trabajo, utilizando un conjunto definido de reglas y roles para crear una estructura operativa válida

Scrum define tres roles, a saber: el propietario de Scrum, el propietario del producto y el equipo de desarrollo. El Scrum Master es el líder que se asegura de que el equipo siga las reglas y procedimientos de la metodología. Los propietarios de productos son representantes de los colaboradores y clientes que utilizan el software. Un equipo de desarrollo es un grupo de profesionales responsables de convertir una lista de requisitos, o Product Backlog, en pequeños productos entregables de software. (Montero, B. M., Cevallos, H. V., & Cuesta, J. D. 2018)

Scrum utiliza un elemento de representación llamado Sprint, que

corresponde a la fase en la que se crea un incremento(versión) utilizable del producto. Cada enemigo es un proyecto individual. El sprint consta de los siguientes componentes: la reunión del sprint de planificación, la reunión diaria, el trabajo de desarrollo del sprint y la revisión y retrospectiva del mismo.

#### **e. Aplicación Web**

Las aplicaciones web son herramientas mediante las cuales un usuario puede acceder a un servidor web a través de una red utilizando un navegador en particular. Por tanto, se define como una aplicación a la que se puede acceder a través de la web por medio de una conexión a intranet o Internet. En general, la aplicación web se utiliza para referirse a programas informáticos que se ejecutan a través de un navegador. (Pardo, M. R. V., Tapia, J. A. H., Moreno, A. S. G., & Sánchez, L. F. V. 2018)

Las aplicaciones web son populares debido a lo práctico del navegador web como cliente ligero, a la independencia del sistema operativo, así como a la facilidad para actualizar y mantenerlas sin distribuir e instalar software a miles de usuarios potenciales. (Sarmiento Fernández, B. 2017)

#### **f. Spring**

Spring es un framework de desarrollo de aplicaciones para Java Enterprise (JEE), que fue escrito inicialmente por Rod Johnson. Spring framework fue lanzado por primera vez en junio del año 2003, pero

oficialmente su lanzamiento se dio en marzo del 2004 como una plataforma Java de código abierto. Spring ha llegado a convertirse en el framework más popular para Java empresarial, que ayuda a construir código de alto rendimiento, liviano y reutilizable, además de la robustez que caracteriza a JEE. (Sandoval Unapucha, M. D. 2020)

Spring Framework es una plataforma que se encarga del manejo de toda la infraestructura que actúa de soporte para desarrollar aplicaciones Java, uniendo los componentes de la aplicación, manejando sus ciclos de vida y encargándose de la interacción entre ellos. Con Spring Framework los programadores se pueden centrar en el desarrollo de la aplicación y dejar que el marco de trabajo Spring se encargue de la infraestructura. (Sandoval Unapucha, M. D. 2020)

#### **g. Spring Boot**

Es un framework Java basado en el Modelo Vista Controlador, mediante el cual gracias a los componentes y librerías que brinda hace fácil el desarrollo y despliegue de los servicios REST. Se ha eliminado la necesidad de configurar la aplicación con el uso de archivos XML haciendo énfasis en el desarrollo de la misma. (Haro, E., Guarda, T., Peñaherrera, A. O. Z., & Quiña, G. N. 2019). Esto se logra fusionando el servidor de aplicaciones en el archivo .jar y desplegando cuando se inicia la aplicación. De esta forma podemos distribuir nuestras aplicaciones de una forma mucho más sencilla, pudiendo configurar el servidor al mismo tiempo que la aplicación. (Pahino, R. 2020). El objetivo de Spring Boot es entregar un

conjunto de herramientas para crear rápidamente aplicaciones Spring fáciles de configurar.

#### **h. Patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC)**

MVC es un patrón de diseño que prevé dividir una aplicación en tres módulos bien definidos con funciones específicas: El Modelo, las Vistas y el Controlador. (Bascón Pantoja, E. 2004)

##### **El modelo**

Un modelo es un conjunto de clases que representan información del mundo real que el sistema tiene que procesar, por lo que, por ejemplo, un sistema de gestión de datos climáticos tendría un modelo que representa la temperatura, la humedad, las condiciones meteorológicas previstas, etc. No tiene en cuenta cómo se muestra esta información ni los mecanismos por los que se encuentran estos datos en la vista, es decir, no están asociados a otra entidad de la aplicación. (Bascón Pantoja, E. 2004)

El modelo ignora la presencia de vistas y controladores. Este enfoque parece interesante, pero en la práctica no es viable porque debe haber una interfaz que permita que los módulos se comuniquen entre sí, por lo que SmallTalk sugiere que el modelo en realidad se compone de dos submódulos: El modelo del dominio y el modelo de la aplicación. (Bascón Pantoja, E. 2004)

Podemos decir que el modelo de dominio (o el modelo en sí) es el conjunto de clases que modela un ingeniero de software mientras analiza el problema que quiere resolver; Por lo que pertenecerán al modelo de dominio: cliente, factura, temperatura, tiempo, etc. El modelo de dominio no está asociado con nada fuera de la información que contiene. (Bascón Pantoja, E. 2004)

El modelo de la aplicación es un conjunto de clases que se encuentran relacionadas con el modelo del dominio, tienen conocimiento de las vistas y que se encargan de implementar todos los mecanismos necesarios para poder notificar a éstas últimas los cambios que se pudieren dar en el modelo del dominio. El modelo de la aplicación también es denominado como coordinador de la aplicación. (Bascón Pantoja, E. 2004)

### **Las vistas**

Son un conjunto de clases responsables de mostrar la información del modelo al usuario. Una vista está asociada con un modelo y puede haber varias vistas asociadas con el mismo; Entonces, por ejemplo, podría tener una pantalla que muestre la fecha del sistema como un formato específico y otra que muestre la misma información con un formato de fecha totalmente diferente. (Bascón Pantoja, E. 2004)

Una vista obtiene del modelo solamente la información que necesita para desplegar y se actualiza cada vez que el modelo del dominio cambia por

medio de notificaciones generadas por el modelo de la aplicación. (Bascón Pantoja, E. 2004)

### **El controlador**

El controlador es un objeto responsable de dirigir el flujo de control en la aplicación debido a información proporcionada por el usuario mediante formularios o menús externos que interactúan con él. Mediante la información de estos formularios o menús, el controlador es responsable de modificar los modelos o ejecutar o no una vista. (Bascón Pantoja, E. 2004)

#### **i. Herramientas BPM open source**

##### **Bonita**

Este instrumento fue desarrollado inicialmente por Bull a principios de la década de 2000, luego asumido por BonitaSoft (2009) y promovido como un producto de código abierto. Bonita ofrece un proceso comercial gráfico extremadamente fácil de usar y modelar que hace que la implementación directa de procesos simples sea una cuestión de minutos. Los formularios se generan automáticamente o se pueden configurar de antemano. El acceso a los casos es simple, gracias a una interfaz intuitiva, que se ve mucho como un cliente de correo electrónico. Pero el verdadero poder de Bonita consiste en sus conectores de sistema, los cuales se encuentran disponibles en forma predeterminada y fácil de desarrollar. (Taslitchi, C., Racovita, V., Moldoveanu, F., Moldoveanu, A., Morar, A., & Garmacea, V. 2018).

Bonita Soft es un software de gestión de procesos empresariales de código abierto. Bonita Open Solution es una suite ofimática de gestión de procesos empresariales, que es de código abierto y se puede descargar con GPL v2. (Castillo, P. A. A. 2011).

Bonita permite que los desarrolladores profesionales y los desarrolladores ciudadanos (citizen developers) colaboren rápidamente para crear proyectos y aplicaciones de automatización utilizando las mejores prácticas y herramientas de DevOps. (Bonitasoft. (s. f.). Plataforma de código abierto para la automatización de procesos de negocio | BPM. Recuperado 23 de marzo de 2021, de <https://es.bonitasoft.com/>)

## **jBPM**

Es desarrollado por la Comunidad con el apoyo de JBoss. Como una referencia de código abierto para el dominio BPM, muchas empresas de software últimamente integraron jBPM en sus soluciones. Actualmente, el producto carece de una buena dinámica dentro de la comunidad. Sin embargo, su versión más reciente es prometedora, y el producto sigue siendo un bloque de construcción técnico sólido de BPM y una clave para muchos proyectos en círculos de código abierto. jBPM es un excelente motor BPM, fuerte y fácil de usar para usuarios-desarrolladores. Cuando se reutiliza como un componente de software, es fácil de configurar y tiene una API completa. (Taslitchi, C., Racovita, V., Moldoveanu, F., Moldoveanu, A., Morar, A., & Garmacea, V. 2018).

jBPM se origina en BPM (Business Process Management), pero con el pasar del tiempo ha evolucionado para brindar a los usuarios opciones para elegir su propio camino en la automatización empresarial. (jBPM - Open-Source Business Automation Toolkit - jBPM Business Automation Toolkit. (s. f.). JBPM.). Proporcionar diversas funciones que simplifican y delegan la lógica empresarial a activos reutilizables como casos, procesos, tablas de decisiones, como, por ejemplo:

- procesos de negocio (BPMN2)
- gestión de casos (BPMN2 y CMMN)
- gestión de decisiones (DMN)
- reglas comerciales (DRL)
- optimización empresarial (Solver)

jBPM se puede utilizar como servicio independiente o integrado en un servicio personalizado. No exige que se utilice ninguno de los frameworks, se puede utilizar con éxito en:

- Aplicaciones JEE
- Spring Boot o Thorntail (anteriormente conocido como WildFly Swarm) despliegues uberjar
- Programas java independientes

## Activiti

Es publicado por Alfresco, el creador de Enterprise Content Management (ECM), y tiene como objetivo convertirse en una alternativa pragmática a jBPM. Deseando que sea un componente independiente, Alfresco promueve la solución como un código abierto y la pone a la altura para que se convierta en una referencia para todas las soluciones BPM de código abierto. Activiti ya tiene una excelente dinámica de difusión debido a la popularidad de su patrocinador. (Taslitchi, C., Racovita, V., Moldoveanu, F., Moldoveanu, A., Morar, A., & Garmacea, V. 2018).

Activiti es el motor BPMN de código abierto líder en Java, ligero y centrado en Java, que respalda las necesidades de automatización de procesos del mundo real. Activiti Cloud es ahora la nueva generación de plataforma de automatización empresarial que ofrece un conjunto de bloques de construcción nativos de la nube diseñados para ejecutarse en infraestructuras distribuidas. (Open Source Business Automation | Activiti. (s. f.). Activiti)

Activiti es un motor de gestión de procesos empresariales (BPM) con licencia Apache. Este motor tiene como objetivo principal tomar una definición de proceso compuesta por tareas humanas y llamadas de servicio y ejecutarlas en un orden determinado, al tiempo que expone varias API para iniciar, administrar y consultar datos sobre instancias de proceso para esa definición. Contrariamente a muchos de sus competidores, Activiti es ligero y

se integra fácilmente con cualquier tecnología o proyecto Java y funciona a cualquier escala - de sólo unas pocas docenas a muchos miles o incluso millones de ejecuciones de procesos. (Long, J. 2015)

#### **j. PostgreSQL**

En la actualidad la persistencia de datos es parte fundamental en aplicaciones web empresariales, ya que sin esta no se podría almacenar la información, ni hacer uso de ella posteriormente. Para solventar esa necesidad existen las bases de datos, las cuales permiten almacenar un gran conjunto de datos de forma estructurada para luego extraerlos en el momento que se necesiten (Ramírez Pérez, S. 2020).

PostgreSQL, es un sistema de gestión de bases de datos relacionales, es compatible con el estándar SQL y ofrece características como: consultas complejas, foreign keys, triggers, vistas actualizables, integridad transaccional, control de concurrencia y entre otras opciones (The PostgreSQL Global Development Group, 2018). PostgreSQL puede ser extendido por la comunidad mediante la actualización de sus componentes o agregación de nuevas características como: tipos de datos, funciones, operadores, funciones agregadas, métodos de índice y lenguajes de procedimiento; sin necesidad de utilizar una licencia para modificarlo y luego distribuirlo de forma gratuita para cualquier propósito, ya sea privado, comercial o académico (The PostgreSQL Global Development Group, 2018).

## **2.5. Antecedentes Contextuales**

### ***2.5.1. Ubicación y contextualización de la problemática***

La comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana se encuentra ubicada en el Ministerio de Defensa Nacional, ciudad Quito, provincia Pichincha. Es una instancia político-administrativa del Gobierno Nacional del Ecuador encargada de dirigir la política de defensa y administrar las fuerzas aéreas.

En el mando conjunto, están las fuerzas terrestres, la fuerza aérea y las fuerzas navales. (CCFFAA)

El comando de la Fuerza Aérea Ecuatoriana utiliza diversos servicios internos de TI como: sistema de gestión documental "CHASQUI", carta institucional "ZIMBRA", sistema de gestión completo, sistema de gestión de la institución SIGEIN, Intranet del Comando Conjunto y sistema de auditoría de proyectos. (FAE).

La unidad de compras públicas es la entidad interna de la comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana encargada de gestionar y administrar los procesos de contratación pública ayudándose de la plataforma SERCOP, la cual no cuenta con soporte para el procedimiento de contratación al exterior (PEX).

## Capítulo III

### 3. Desarrollo del sistema

#### 3.1. Introducción

El capítulo III empieza describiendo la ejecución del proceso de software, comenzando con el levantamiento de requerimientos, seguido del análisis, diseño, desarrollo e implementación; en donde se puede encontrar detalladas las actividades relevantes de cada etapa del desarrollo del producto software.

Para el desarrollo se utiliza el ciclo de vida iterativo, el cual está enfocado dentro de la metodología ágil Scrum la cual prioriza la perspectiva de los usuarios al momento de obtener los requerimientos que se detallan por medio de Historias de Usuarios (User Stories). Debido a este enfoque resulta sencilla la integración con la metodología BPM (Business Process Management).

El proceso de software fue planificado y ejecutado acorde a lo establecido por SCRUM. Todas y cada una de las actividades de las etapas iniciando en el levantamiento de requerimientos hasta las pruebas, fueron organizadas en el Product Backlog conforme lo establece la metodología, agregando columnas como: To do, In process, Testing y Done; las cuales fueron administradas utilizando la herramienta Trello, con el fin de dar seguimiento al enfoque iterativo de SCRUM.

**Figura 1**

*Modelo del ciclo de vida iterativo en Scrum*



*Nota.* Scrum Flow, por Méndez Permana, P. A. G. (2015).

**Figura 2**

*Modelo del ciclo de vida BPM (Business Process Management)*



*Nota.* Representación del ciclo de vida BPM, por Cardona, E. M., Erazo, H. A. O & Merchan, L

Como se observa en las figuras 1 y 2 la ejecución iterativa de los ciclos de vida de Scrum y BPM (Business Process Management) es muy

similar, motivo por el cual resulta fácil y conveniente trabajar con estas dos metodologías de manera conjunta.

### **3.2. Especificación requisitos de software**

Acorde a los principios de Scrum la opinión del usuario es de vital importancia para el éxito del producto software que se desea desarrollar. Durante la definición de requerimientos es necesario reunirse e interactuar de forma activa con el cliente para poder obtener y especificar necesidades de una forma clara y concisa.

Por medio de las reuniones efectuadas con el cliente, se redacta un documento ERS (Especificación de Requisitos del Software). El cliente en el presente proyecto es la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, y los usuarios finales son el personal militar administrativo de la unidad de compras públicas y sus áreas requirentes.

Según Scrum el formato para la especificación de requisitos del software está conformado por:

- Épicas: son historias de usuario demasiado grandes las cuales deben ser divididas en historias de un tamaño adecuado para su gestión acorde a los principios de Scrum.
- Historias de usuario: Es una declaración que se encarga de expresar de manera formal las funcionalidades del software

deseadas por el cliente, la cual debe ser redactada en un lenguaje fácil de comprender para el usuario. El objetivo es detallar la solución a las necesidades o problemas que tiene el usuario.

Para identificar las épicas e historias de usuario es necesario detallar cada una de sus partes, para saber la información que se maneja acerca de cada una de ellas.

Las partes que conforman las épicas son:

- Título: Nombre de la épica que se va a describir.
- Como: Breve descripción del rol o función que desempeña el usuario.
- Quisiera: Descripción general de la necesidad del usuario.
- Para: Motivo o razón por la cual se desea satisfacer la necesidad antes descrita.

Las partes que conforman una historia de usuario son:

- Identificador (ID) de la historia: Código que sirve como identificador de la historia de usuario en el proyecto que se esté desarrollando.
- Rol: Es la función que ocupa o desempeña el usuario en el sistema.
- Característica / Funcionalidad: Describe la funcionalidad que ejecutará o que debe realizar el sistema.
- Razón / Resultado: Es lo que se espera que haga el sistema al lograr ejecutar la acción detallada en la historia.
- Número de escenario: Número que sirve para identificar al

escenario de la historia.

- Criterio de aceptación (título): Son las pruebas de aceptación acordadas con el usuario o cliente.
- Contexto: Descripción un poco más detallada sobre las condiciones del escenario.
- Evento: Representa la acción que el usuario ejecuta, en el contexto definido para el escenario.
- Resultado: Es el comportamiento esperado del escenario.

### 3.2.1. Requisitos Funcionales

Descripción de los requisitos funcionales representados en épicas e historias de usuario del sistema web:

**Tabla 1**

*Épica 1*

<b>Título</b>	Fase Preparatoria
<b>Como</b>	Personal militar administrativo de la unidad de Compras Públicas de la Comandancia de la Fuerza Aérea del Ecuador
<b>Quisier a</b>	Automatizar las tareas referentes a la generación y aprobación de la certificación PAC (Plan anual de compras) correspondientes a la fase preparatoria del PEX en el departamento de compras públicas de la FAE

---

**Para** Reducir los tiempos que lleva ejecutar estas tareas de forma tradicional y generar la documentación correspondiente de una manera más eficiente

---

## Tabla 2

### *Épica 2*

---

**Título** Tareas del Departamento Requirente

---

**Como** Personal militar administrativo del departamento Requirente de la Comandancia de la Fuerza Aérea del Ecuador

---

**Quisier** Automatizar la solicitud de aprobación del PAC la cual es enviada al a departamento de Compras Públicas

---

**Para** Reducir los tiempos que lleva ejecutar estas tareas de forma tradicional, generar la documentación correspondiente de una manera más eficiente y mejorar la comunicación interna

---

## Tabla 3

### *Épica 3*

---

**Título** Fase Precontractual

---

---

**Como** Personal militar administrativo de la unidad de Compras Públicas de la Comandancia de la Fuerza Aérea del Ecuador

---

**Quisiera** Sumillar digitalmente los documentos de la fase precontractual

---

**Para** Reducir los tiempos que lleva ejecutar estas tareas de forma tradicional y generar la documentación correspondiente de una manera más eficiente

---

#### Tabla 4

#### *Épica 4*

---

**Título** Fase Contractual

---

**Como** Personal militar administrativo de la unidad de Compras Públicas de la Comandancia de la Fuerza Aérea del Ecuador

---

**Quisier** Automatizar la generación de los documentos de orden de compra acorde  
**a** a cada caso definido y el resumen de procesos de contratos

---

**Para** Reducir los tiempos que lleva ejecutar estas tareas de forma tradicional y generar la documentación correspondiente de una manera más eficiente

---

**Tabla 5***Épica 5*


---

<b>Título</b>	Fase de Seguimiento y Control
---------------	-------------------------------

---

<b>Como</b>	Personal militar administrativo de la unidad de Compras Públicas de la Comandancia de la Fuerza Aérea del Ecuador
-------------	---

---

<b>Quisier</b>	Automatizar el proceso de seguimiento
<b>a</b>	

---

<b>Para</b>	Reducir los tiempos que lleva ejecutar estas tareas de forma tradicional y generar la documentación correspondiente de una manera más eficiente
-------------	---

---

**Tabla 6***Épica 6*


---

<b>Título</b>	Firma Electrónica
---------------	-------------------

---

<b>Como</b>	Personal militar administrativo de la unidad de Compras Públicas de la Comandancia de la Fuerza Aérea del Ecuador
-------------	---

---

<b>Quisier</b>	Manejar la opción de poder firmar de forma electrónica cada documento
<b>a</b>	que sea generado durante la ejecución del PEX

---

---

**Para** Cumplir las normativas gubernamentales del uso de la firma electrónica y legalizar la documentación

---

**Tabla 7**

*HU-0001*

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Identificador (ID) de la historia</b>	HU-0001
<b>Rol</b>	Administrativo
<b>Característica / Funcionalidad</b>	Login del usuario mediante usuario y contraseña
<b>Razón / Resultado</b>	Ingreso por primera vez al sistema
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 1
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Ingreso al sistema
<b>Contexto</b>	El usuario ingresa por primera vez al sistema con su usuario y contraseña asignados
<b>Evento</b>	Cuando el usuario presione el botón login
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Ingreso al sistema exitosamente

---

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 2
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Ingreso al sistema por primera vez
<b>Contexto</b>	Al ingresar al portal el sistema pedirá que el usuario cambie su contraseña
<b>Evento</b>	Cuando el usuario presione el botón login
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Ingreso al sistema exitosamente y el sistema le pedirá que actualice su contraseña
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 3
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Ingreso al sistema fallido
<b>Contexto</b>	El personal administrativo intenta ingresar por primera vez al sistema con su usuario y contraseña asignados y son erróneos
<b>Evento</b>	Cuando el usuario presione el botón login
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Ingreso fallido del sistema y mensaje de alerta

Tabla 8

HU-0002

Columna	Instrucciones
<b>Identificador (ID) de la historia</b>	HU-0002
<b>Rol</b>	Administrativo
<b>Característica / Funcionalidad</b>	Manejar un CRUD del PAC
<b>Razón / Resultado</b>	Facilitar el manejo de las altas, bajas y cambios de la información
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 1
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Agregar
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere agregar un nuevo registro del PAC
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Agregar datos"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un formulario para agregar el registro del PAC con los valores de: EJERCICIO, ENTIDAD, UNIDAD EJECUTORA, UNIDAD DESCONCENTRADA, PROGRAMA, SUBPROGRAMA, PROYECTO, ACTIVIDAD, OBRAS, GEOGRÁFICO, RENGLO, RENGLON AUXILIAR, FUENTE, ORGANISMO, CORRELATIVO, CODIGO CATEGORIA CPC A NIVEL 9,

---

	TIPO COMPRA (Bien, obras, servicio o consultoría), DETALLE DEL PRODUCTO (Descripción de la contratación), CANTIDAD ANUAL, UNIDAD (metro, litro etc), COSTO UNITARIO (Dólares), COSTO TOTAL, CUATRIMESTRE, TIPO DE PRODUCTO (normalizado / no normalizado), CATALOGO ELECTRÓNICO (si/no), PROCEDIMIENTO SUGERIDO (son los procedimientos de contratación), FONDOS BID (si/no), NÚMERO CÓDIGO DE OPERACIÓN DEL PRÉSTAMO BID, NÚMERO CÓDIGO DE PROYECTO BID, TIPO DE RÉGIMEN (común, especial), TIPO DE PRESUPUESTO (proyecto de inversión, gasto corriente)
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 2
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Modificar
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere modificar un registro del PAC
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Modificar" o "Dividir"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	En el caso del botón "Modificar" se mostrará el formulario para que el usuario pueda modificar el valor que desee, en el caso del botón "Dividir" se mostrará un formulario en el cual el usuario podrá definir el número de veces en las que se va a dividir el registro y pueda completar el valor COSTO TOTAL

---

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 3
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Eliminar
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere eliminar registro del PAC
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Eliminar"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará una alerta con el mensaje "Está seguro que desea eliminar este registro" en caso de que el usuario confirme este mensaje se eliminará el registro, caso contrario esta acción se cancelará

**Tabla 9**

*HU-0003*

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Identificador (ID) de la historia</b>	HU-0003
<b>Rol</b>	Administrativo
<b>Característica / Funcionalidad</b>	Validación del PAC
<b>Razón / Resultado</b>	Aprobación o negación de la solicitud PAC

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 1
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Revisión de la solicitud PAC
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere revisar la solicitud PAC
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Revisar solicitud"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará una vista en la que consta el detalle de la revisión ya sea aprobado o negado, incluyendo la información del por qué se negó la aprobación si ese fuera el caso.
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 2
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Generación de la aprobación del PAC
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado, realizó la revisión de la solicitud del PAC y quiere generar el documento de aprobación
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Generar documento de Aprobación"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un formulario para registrar la aprobación del PAC con los valores de: REF, FONDO DISPONIBLE, CERTIFICACIÓN PAC, NOMBRE DEL PROCESO, PARTIDA PRESUPUESTARIA, VALOR CODIFICADO(dólares), CPC, TIPO DE COMPRA, TIPO

---

	DE RÉGIMEN, TIPO DE PRESUPUESTO, FECHA, CATÁLOGO ELECTRÓNICO, PROCEDIMIENTO, DESCRIPCIÓN, CANTIDAD, UNIDAD MEDIDA, COSTO POR UNIDAD, VALOR TOTAL, PERIODO, NÚMERO DEL PROGRAMA, UBICACIÓN GEOGRÁFICA, NOMBRE DEL PROGRAMA , CÓDIGO, PARTIDA, NÚMERO DISPONIBLE, CERTIFICADO PAC, IMPUESTO POR SERVICIO, IVA, VALOR REQUERIDO, CPE1, CPE2, CPS; se dará la opción para que el usuario firme de forma electrónica el documento y se generará el pdf
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 3
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Generación del documento notificación de negación a la aprobación del PAC
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado, realizó la revisión de la solicitud del PAC y quiere generar el documento de notificación de negación a la aprobación del PAC
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Negar Aprobación"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará el registro con estado "Denegado"

---

Tabla 10

HU-0004

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Identificador (ID) de la historia</b>	HU-0004
<b>Rol</b>	Administrativo
<b>Característica / Funcionalidad</b>	Sumillar de forma digital los documentos de las resoluciones y el pliego
<b>Razón / Resultado</b>	Obtención del documento de Resoluciones y pliego sumillados
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 1
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Sumilla de forma digital las resoluciones
<b>Contexto</b>	El administrativo está logueado y realiza la tarea "Sumillar documentos"
<b>Evento</b>	Cuando el administrador da click en el botón sumillar documentos
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	El sistema descarga en el ordenador del usuario el documento pdf sumillado
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 2

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Sumillar de forma digital el pliego
<b>Contexto</b>	El administrativo está logueado y realiza la tarea "Sumillar documentos"
<b>Evento</b>	Cuando el administrador da click en el botón sumillar documentos
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	El sistema descarga en el ordenador del usuario el documento pdf sumillado

**Tabla 11**

*HU-0005*

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Identificador (ID) de la historia</b>	HU-0005
<b>Rol</b>	Administrativo
<b>Característica / Funcionalidad</b>	Manejar un CRUD del resumen de procesos de contratos

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Razón / Resultado</b>	Facilitar el manejo de las altas, bajas y cambios de la información
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 1
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Agregar
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere agregar un nuevo registro del resumen de procesos de contratos
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Agregar datos"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un formulario para agregar el registro del resumen de procesos de contratos con los valores: ORD, DOCUMENTO INGRESO, FECHA DE INGRESO, CÓDIGO PROCESO, NO. CONTRATO, OBJETO DE LA CONTRATACIÓN, ETAPA DEL PROCESO, VALOR CERTIFICADO, AVIÓN / EQUIPO, ALA, EMPRESA, ADMINISTRADOR, PLAZO DIAS, DOCUMENTO DE SALIDA, FECHA DE SALIDA, FECHA SUSCRIPCIÓN, FECHA FINALIZACIÓN PLAZO

---

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 2
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Modificar
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere modificar un registro del resumen de procesos de contratos
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Modificar"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un formulario para que el usuario modifique el valor que desee
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 3
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Eliminar
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere eliminar un registro del resumen de procesos de contratos
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Eliminar"

---

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará una alerta con el mensaje "Está seguro que desea eliminar este registro" en caso de que el usuario confirme este mensaje se eliminará el registro, caso contrario esta acción se cancelará

**Tabla 12**

*HU-0006*

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Identificador (ID) de la historia</b>	HU-0006
<b>Rol</b>	Administrativo
<b>Característica / Funcionalidad</b>	Generar orden de compra
<b>Razón / Resultado</b>	Obtención del documento de orden de compra
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 1

Columna	Instrucciones
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Orden de compra de bienes
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere generar el documento de orden de compra de bienes
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Bienes"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un formulario para agregar los valores: REF, COTIZACIÓN, FECHA DE COTIZACIÓN, ORDEN DE COMPRA/SERVICIO, INCOTERMS, DIRECCIÓN, OBJETO, DESCRIPCIÓN, NUMERO DE PARTE, CANTIDAD, U/E, PRECIO UNITARIO, PRECIO TOTAL, VALOR TOTAL, PLAZO DE ENTREGA, ENTREGA, ACTA DE ENTREGA DE RECEPCION, DOCUMENTOS HABILITANTES PARA EL PAGO, MULTAS, GARANTÍA TÉCNICA, TRAZABILIDAD, CONDICIÓN, CONTROVERSIAS, ADMINISTRADOR, también se muestra la opción de firmar el documento de forma electrónica
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 2

Columna	Instrucciones
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Orden de compra de servicios
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere generar el documento de orden de compra de servicios
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "servicios"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un formulario para agregar los valores: REF, COTIZACIÓN, FECHA DE COTIZACIÓN, ORDEN DE COMPRA/SERVICIO, INCOTERMS, DIRECCIÓN, OBJETO, DESCRIPCIÓN, DOCUMENTACIÓN, CONDICION, TIEMPO DE SERVICIO, PRECIO, VALOR TOTAL, PLAZO DE ENTREGA, ENTREGA, FORMA DE PAGO, ACTA DE ENTREGA DE RECEPCION, DOCUMENTOS HABILITANTES PARA EL PAGO, GARANTÍA TÉCNICA, COMPENSACIÓN, MULTAS, EJECUCIÓN DE LA GARANTÍA TÉCNICA, CONDICIÓN, CONTROVERSAS, ADMINISTRADOR, también se muestra la opción de firmar el documento de forma electrónica.

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 3
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Orden de compra empresa brasileña
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere generar el documento de orden de compra para la empresa brasileña
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Orden de compra Brasil"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un formulario para agregar los valores: REF, COTIZACIÓN, FECHA DE COTIZACIÓN, ORDEN DE COMPRA/SERVICIO, INCOTERMS, DIRECCIÓN, OBJETO, DESCRIPCIÓN, NUMERO DE PARTE, NÚMERO DE SERIE, OVERHAUL, PRECIO, VALOR TOTAL, PLAZO DE ENTREGA, ENTREGA, FORMA DE PAGO, ACTA DE ENTREGA DE RECEPCIÓN, DOCUMENTACIÓN HABILITANTE PARA EL PAGO, MULTAS, GARANTÍA TÉCNICA, TRAZABILIDAD, CONDICIÓN, CONTROL DE EXPORTACIÓN, CONFIDENCIALIDAD, ANTICORRUPCIÓN, CONTROVERSIAS, ADMINISTRADOR, TÉCNICO,

---

también se muestra la opción de firmar el documento de forma electrónica

---

**Tabla 13**

*HU-0007*

---

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Identificador (ID) de la historia</b>	HU-0007
<b>Rol</b>	Administrativo
<b>Característica / Funcionalidad</b>	Manejar un CRUD para el detalle de órdenes compra y reparación
<b>Razón / Resultado</b>	Facilitar el manejo de las altas, bajas y cambios de la información

---

Columna	Instrucciones
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 1
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Agregar
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere agregar un nuevo detalle de órdenes compra y reparación
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Agregar datos"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un formulario con la siguiente información: ORD., FECHA INGRESO, COD. PROCESO, NRO. ORDEN COMPRA, TIPO PROCESO, EMPRESA, MONTO, REPARTO, DESCRIPCIÓN, FORMA DE PAGO, PLAZO, ADMINISTRADOR, ESTADO, FECHA SUSCRIPCIÓN, FECHA FINALIZA PLAZO, SITUACIÓN SISTEMA, ALERTAS, DÍAS VENCIDOS, NOVEDADES, ESTADO DEL PROCESO FINAL, la cual deberá ser llenada por el encargado de seguimiento y control
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 2

---

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Modificar
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere modificar un detalle de órdenes compra y reparación
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Modificar"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un formulario para que el usuario modifique el valor que desee
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 3
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Eliminar
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y quiere eliminar un detalle de órdenes compra y reparación
<b>Evento</b>	Cuando presione el botón "Eliminar"

---

Columna	Instrucciones
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará una alerta con el mensaje "Está seguro que desea eliminar este registro" en caso de que el usuario confirme este mensaje se eliminará el registro, caso contrario esta acción se cancelará

**Tabla 14**

*HU-0008*

Columna	Instrucciones
<b>Identificador (ID) de la historia</b>	HU-0008
<b>Rol</b>	Administrativo
<b>Característica / Funcionalidad</b>	Validar con un check list que la documentación haya llegado completa
<b>Razón / Resultado</b>	Verificar que la documentación enviada por el administrador esté completa

Columna	Instrucciones
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 1
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Check list con toda la información que se deberá recibir marcados en el tiempo establecido
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y como encargado del seguimiento y control marca las casillas de los documentos recibidos
<b>Evento</b>	Cuando se presione el botón "Validar"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará el mensaje "estado finalizado" en el panel del encargado del seguimiento.
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 2
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Check list con toda la información que se deberá recibir no marcados en el tiempo establecido
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y como encargado del seguimiento y control revisa las casillas de los documentos recibidos

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Evento</b>	Cuando se presione el botón "Validar"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará de color rojo el registro en el que la documentación este incompleta
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 3
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Check list con toda la información que se deberá recibir no marcados y tiempo establecido vencido
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y como encargado del seguimiento y control marca las casillas de los documentos recibidos
<b>Evento</b>	Cuando se presione el botón "Validar"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará de color rojo el registro en el que la documentación este incompleta

Tabla 15

HU-0009

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Identificador (ID) de la historia</b>	HU-0009
<b>Rol</b>	Administrativo
<b>Característica / Funcionalidad</b>	Legalizar los documentos por medio de firma electrónica
<b>Razón / Resultado</b>	Documentos legalizados
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 1
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Firma electrónica
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y ha llenado un formulario que genera cualquier documento
<b>Evento</b>	Cuando se presione el botón "Firmar"

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un explorador de archivos para que se seleccione el fichero de la firma electrónica, una vez seleccionado se inserta la firma en el documento y se lo mostrará al usuario en formato PDF

**Tabla 16**

*HU-0010*

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Identificador (ID) de la historia</b>	HU-0010
<b>Rol</b>	Administrativo
<b>Característica / Funcionalidad</b>	Generar solicitud de certificación PAC
<b>Razón / Resultado</b>	Documento de solicitud

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 1
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Generación de documento
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y desea generar la solicitud de certificación PAC
<b>Evento</b>	Cuando se presiona el botón "Generar solicitud"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se muestra un formulario para agregar los valores: NUMERO DE CERTIFICACION, SOLICITANTE, DESCRIPCION, FECHA DE ELABORACION, VALOR, ESTADO, AUTOR Y DIRECCION
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 2
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Agregar Certificación

<b>Columna</b>	<b>Instrucciones</b>
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y desea agregar una certificación a la solicitud
<b>Evento</b>	Cuando se presione el botón "Agregar Certificación"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se muestra un formulario para agregar los valores: CUENTA, SUBTOTAL, IVA, TOTAL
<b>Número (#) de escenario</b>	Escenario 3
<b>Criterio de aceptación (título)</b>	Generar Certificación Presupuestaria
<b>Contexto</b>	El usuario está logueado y desea generar la certificación presupuestaria
<b>Evento</b>	Cuando se presiona el botón "Generar certificación presupuestaria"
<b>Resultado / Comportamiento esperado</b>	Se mostrará un formulario para agregar los valores: INSTITUCIÓN, UNIDAD EJECUTORA, UNIDAD DESC, FECHA ELABORACION, NÚMERO CERTIFICACIÓN, TIPO

---

DOC RESPALDO, CLASE DOC RESPALDO, CLASE  
REGISTRO CER PRE, CLASE GASTO, PAC

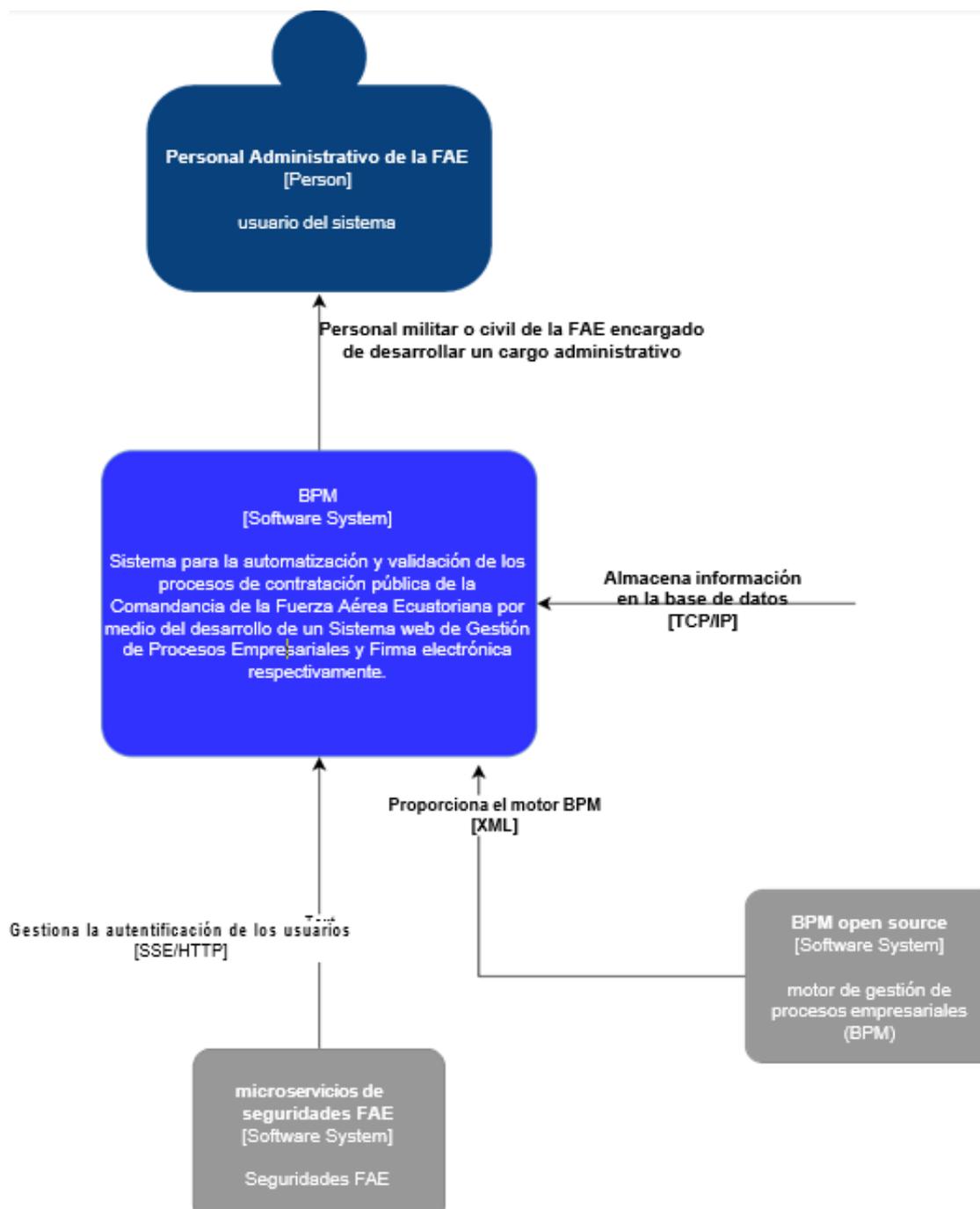
---

### **3.2.2. Diagramas modelo C4**

Diagrama de Contexto: El diagrama de contexto se encarga de proporcionar un punto de partida al sistema para representar el alcance del producto software y cómo se ajusta al mundo que lo rodea, es decir, brinda un punto de vista entendible para sus usuarios como también para el cuerpo técnico encargado de su desarrollo, como se observa en la figura 3.

Figura 3

## Diagrama de Contexto

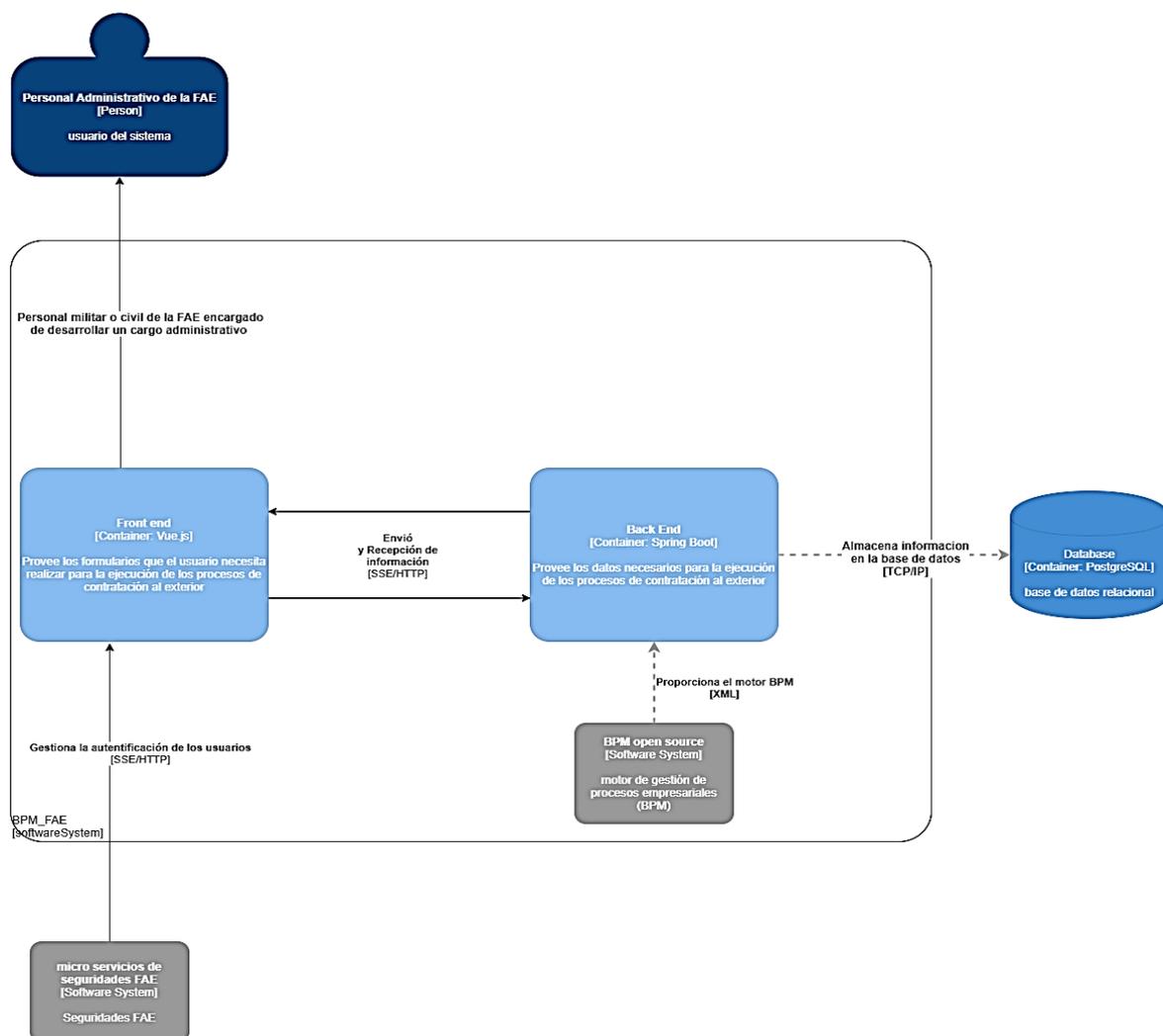


*Nota:* Este diagrama permite identificar la interacción del personal militar con el sistema y con otros sistemas que se relacionan entre sí.

Diagrama de Contenedor: Es la representación gráfica de una aplicación ya sea está del lado del cliente o del servidor, un contenedor es una pieza implementable es decir un elemento en el cual se ejecuta código o almacenan datos de un proceso, esto hace que cada contenedor pueda ser ejecutado por separado, como se observa en la figura 4.

**Figura 4**

*Diagrama de Contenedor*

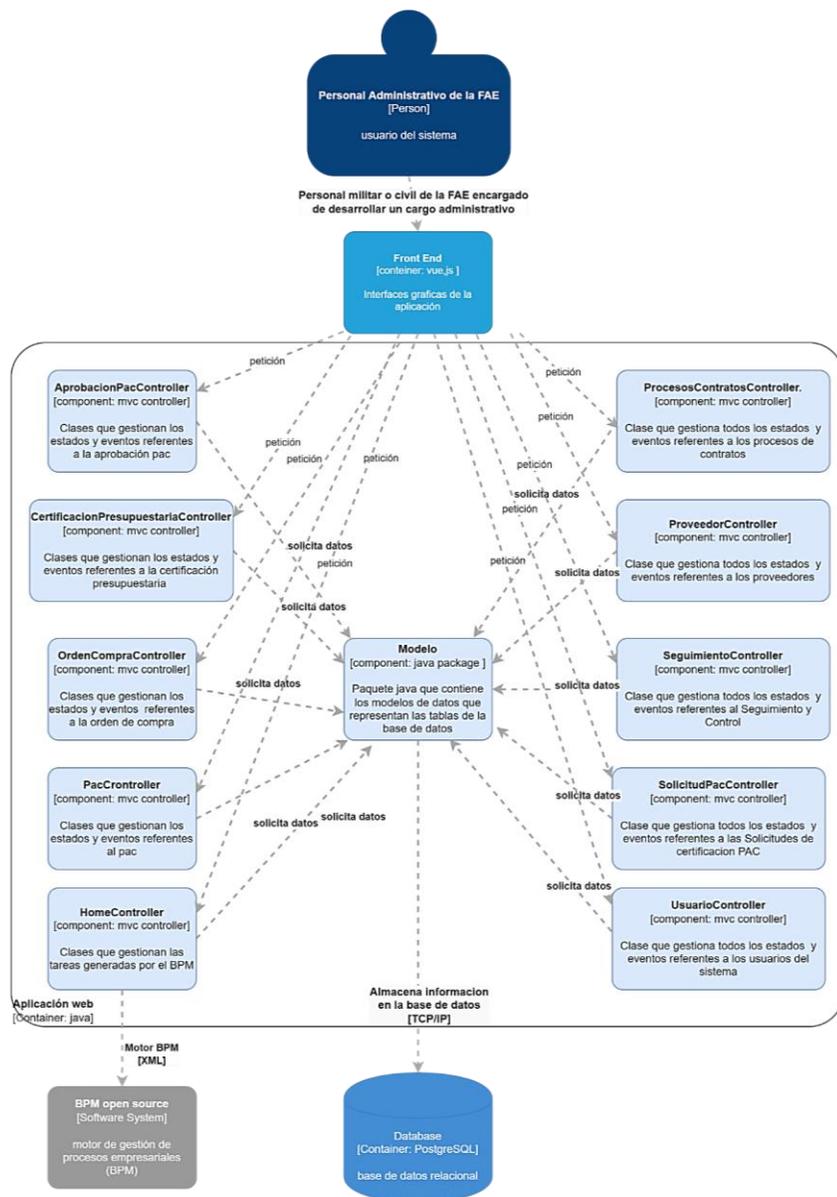


*Nota:* Este diagrama muestra los contenedores como: aplicaciones,

almacenamiento de datos, microservicios, etc.

Figura 5

Diagrama de Componentes



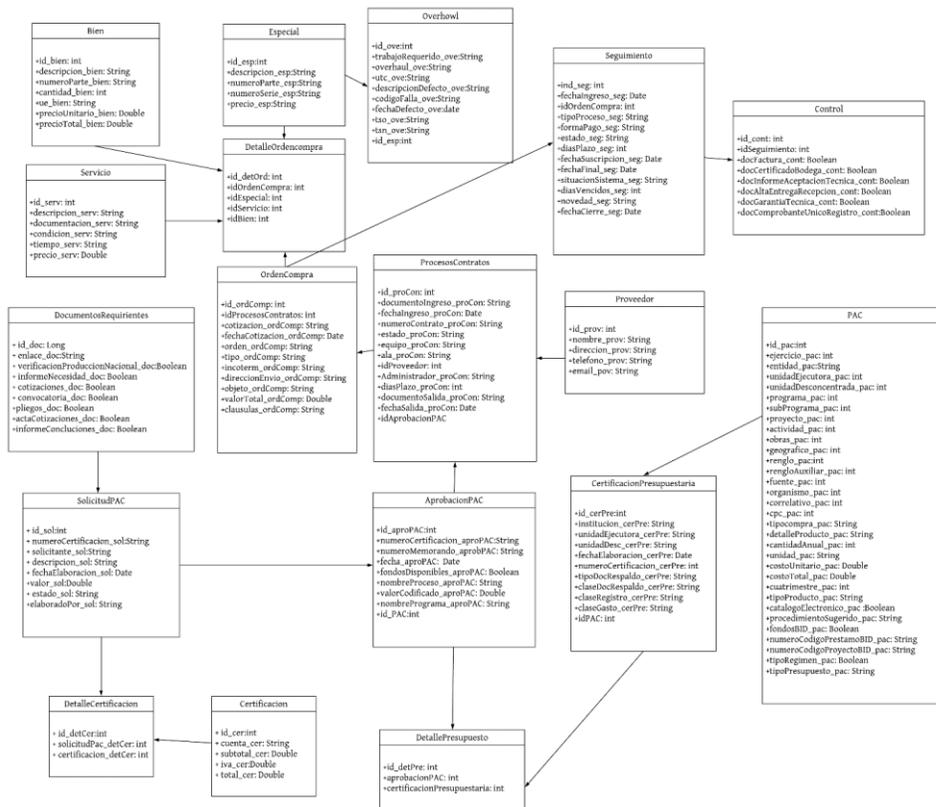
Nota: Este diagrama muestra el interior de un contenedor.

Diagrama de Componentes: Dirigido a un nivel un poco más técnico, se encarga de mostrar todos los componentes de un contenedor, estos componentes deben estar asignados a una abstracción real en base a su código. Este diagrama ayuda a la toma de decisiones en cuanto a la arquitectura como se observa en la figura 5.

Diagrama de Código: Es el último diagrama del modelo C4 el cual detalla cómo se implementa un componente ya sea mostrando sus clases u objetos con todas sus interacciones, es decir, aquí se muestran diagramas como son el de clases o entidad relación. El diagrama de código es un nivel del modelo C4 que puede ser opcional debido a que con los niveles anteriores ya se logra entender el sistema que se desea construir, como se observa en la figura 6.

Figura 6

Diagrama de clases



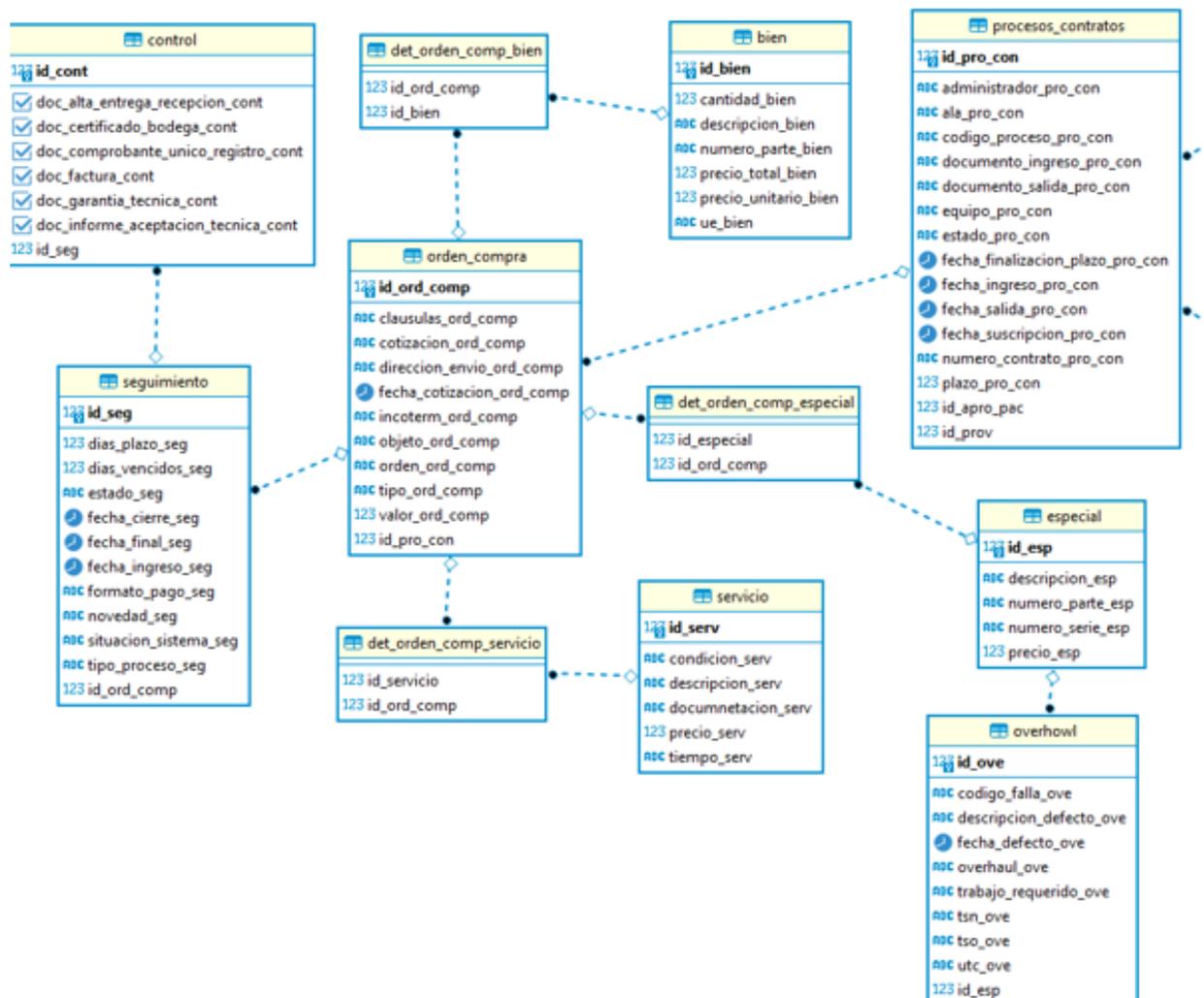
Nota: Muestra la estructura del sistema, con sus clases, atributos y sus relaciones.

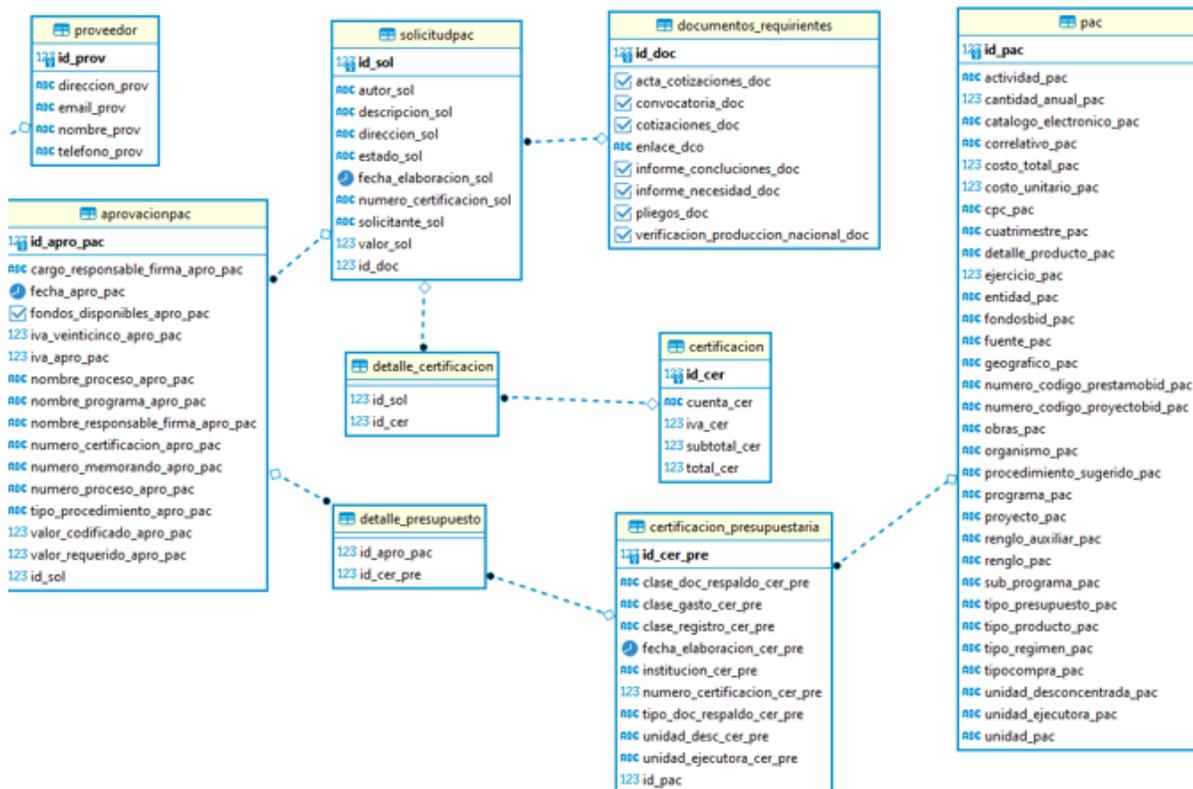
### 3.2.3. Diagrama Base de datos

Para este proyecto se utilizó la base de datos PostgreSQL con el fin de cumplir con un requisito no funcional por parte del personal de TICS de la Comandancia de las Fuerza Aérea Ecuatoriana, la figura 7 indica muestra el diagrama de la base de datos utilizada en este proyecto.

Figura 7

Diagrama Entidad-Relación de PostgreSQL





### 3.3. Definición y modelado de procesos

Todo proceso de contratación pública se encuentra dividido en 4 fases las cuales son:

- Fase Preparatoria
- Fase Precontractual
- Fase Contractual
- Fase De Seguimiento y Control

El proceso de contratación al exterior (PEX) que es considerado como un tipo especial de proceso de contratación no es la excepción y

también está conformado por las fases ya mencionadas. A continuación, se detalla cómo se ejecutan las fases de forma interna en la Comandancia de la Fuerza Aérea ecuatoriana.

#### Fase preparatoria

1. Los repartos de la FAE remitirán el informe de la necesidad y las especificaciones técnicas o términos de referencia, a la Dirección de Mantenimiento de Sistemas Aeronáuticos, posterior serán remitidos a la dirección de abastecimientos FAE.
2. La Dirección de Abastecimientos FAE solicita las certificaciones presupuestarias a la dirección de Gestión Logística FAE
3. La dirección de Gestión logística FAE remite las Certificaciones SIFAE, e-SIGEF y PAC a la Dirección de Abastecimientos FAE.
4. La Dirección de Abastecimientos FAE, elabora el memorando disponiendo el inicio del proceso y remitiendo el expediente a fin de que sea suscrito por la máxima autoridad.

#### Fase Precontractual

5. La Unidad de Compras Públicas (UCP) designará a un operador responsable del proceso, el cual debe revisar todos los documentos requeridos para el inicio de la contratación y revisará que los mismos estén conforme a la normativa vigente.
6. La UCP, recibido el expediente del proceso, deberá realizar la resolución 001 de inicio y la resolución de adjudicación, las cuales serán sumilladas por el jefe de la unidad de compras públicas para remitirlas al departamento de contratos.

7. Una vez que el departamento de contratos dé el visto bueno para que se suscriban las resoluciones, se remite a la máxima autoridad para su aprobación y suscripción de documentos.
8. Culminada la etapa preparatoria se foliará y sumillará el expediente y se entregará al departamento de contratos de la UCP con toda la documentación electrónica generada a fin de que se conforme el archivo electrónico del proceso.

#### Fase Contractual

9. Elaboración del contrato u orden de compra o servicio y su suscripción con todos los documentos de respaldo
10. Suscrito el contrato u orden de compra o servicio se remitirá y notificará al contratista, al usuario, a la DIGLOG, y al administrador de su cargo el contrato respectivo, este último se les adjuntará a todos los documentos necesarios para el cumplimiento de esta función.
11. La unidad de compras públicas FAE procederá a publicar el contrato y orden de compra o servicios en el SNCP.

#### Fase Seguimiento y Control

12. El Administrador del contrato u orden de compra o servicio previo a recibir el objeto del contrato procederá a suscribir el acta entrega-recepción.
13. El Administrador del contrato, procederá a publicar en el Sistema Nacional de Contratación Pública el Acta Entrega-Recepción, enviará una copia a la unidad de Compras Públicas e informará a la máxima

Autoridad el cumplimiento de su designación, adjuntando la documentación de respaldo, para que se tramite el pago a finanzas.

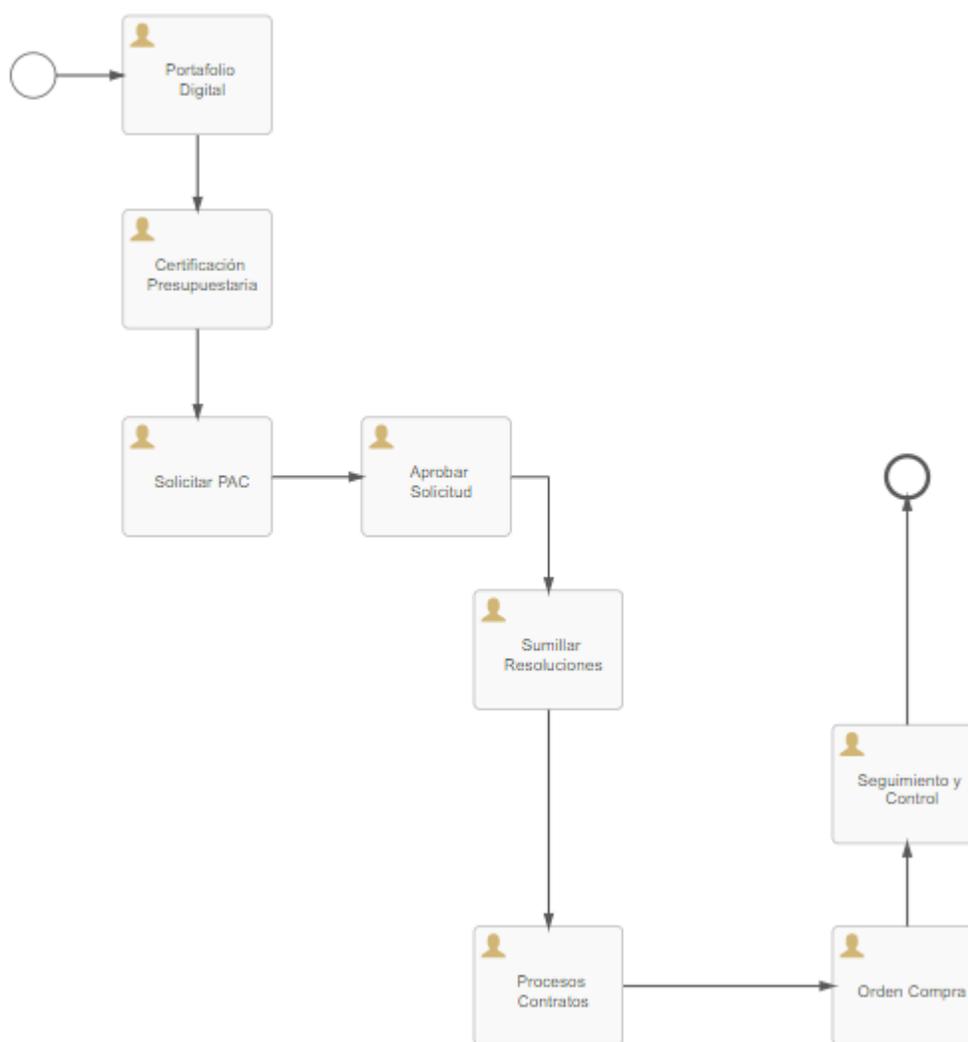
14. El trámite de pago ante Finanzas lo realizará el Área requirente.

15. El área requirente una vez realizado el pago, enviará la copia del comprobante de pago a la unidad de Compras Públicas FAE, para la finalización del proceso en el portal SNCP.

16. Archivo y registro del expediente (documentación de cada proceso) que reposará en la Unidad de Compras Públicas FAE.

Acorde a la documentación interna de la unidad de compras públicas de la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, cotejada con los requerimientos levantados en la misma organización. Gracias a la metodología BPM varias de las tareas listadas en cada una de las fases del proceso de contratación al exterior como, por ejemplo: validaciones, comparaciones, búsqueda y selección de información, así como también todo tipo de cálculos y asignación de personal fueron identificadas y solventadas por medio de código para su automatización.

Las tareas que no pudieron ser ejecutadas completamente por el sistema, han sido organizadas en un flujograma de trabajo modelado en la herramienta gráfica de Activiti e interpretada a nivel de código por el motor BPM, obteniendo como resultado la figura 8.

**Figura 8***Flujograma de trabajo BPM*

### 3.4. Implementación de los procesos modelados

Una vez definido y modelado el proceso de contratación al exterior en conjunto con el cumplimiento de todas las historias de usuario y las especificaciones técnicas proporcionadas por el personal de la comandancia. Acorde a la metodología SCRUM se coordina una reunión con

el personal de las TICS para el despliegue e implementación del producto software dentro de su infraestructura tecnológica.

El motor BPM open source es integrado al Back End del proyecto por medio de dependencias, las cuales son gestionadas por Maven en el archivo pom.xml, como se puede observar en la figura 9.

### Figura 9

*Dependencias del motor BPM open source Activiti*

```
<dependency>  
  <groupId>org.activiti</groupId>  
  <artifactId>activiti-spring-boot-starter</artifactId>  
  <version>7.1.0.M4</version>  
</dependency>
```

Con el motor BPM open source integrado al proyecto, es posible acceder a todas las herramientas que gestionan el archivo XML que fue generado en base al flujo de trabajo representado en la figura 8.

Como se puede observar en la figura 10 y acorde a la arquitectura MVC se declara un controlador para las funciones de:

- Iniciar un proceso
- Listar las tareas de un usuario específico
- Completar una tarea

Figura 10

*Controlador REST BPM*

```

@RestController
@RequestMapping(value="/bpm")
@CrossOrigin(origins = "*")
public class BpmController {

    @Autowired
    private BpmService bpmServ;

    @GetMapping("/iniciar")
    public String iniciarProceso() {
        bpmServ.startProcess();
        return "Proceso iniciado";
    }

    @GetMapping("listar/{user}")
    public List<Map<String, Object>> listar(@PathVariable String user){
        List<Task> taskList = bpmServ.getTasks(user);

        List<Map<String, Object>> customTaskList = new ArrayList<>();
        for (Task task : taskList) {
            Map<String, Object> map = new LinkedHashMap<>();
            map.put("taskId", task.getId());
            map.put("taskDefinitionKey", task.getTaskDefinitionKey());
            map.put("taskName", task.getName());

            customTaskList.add(map);
        }
        return customTaskList;
    }

    @GetMapping("completar/{id}")
    public String completarTarea(@PathVariable String id) {
        bpmServ.completeTask(id);
        return "Tarea completada";
    }
}

```

Del mismo modo se define una clase en la capa de servicios para interactuar con los datos almacenados en nuestro esquema PostgreSQL, como se puede observar en la figura 11.

**Figura 11**

*Servicio BPM*

```
@Service
@Transactional
public class BpmService {

    @Autowired
    private RuntimeService runtimeService;

    @Autowired
    private TaskService taskService;

    public void startProcess() {

        runtimeService.startProcessInstanceByKey("Process_pex");
    }

    public List<Task> getTasks(String assignee) {
        return taskService.createTaskQuery().taskAssignee(assignee).list();
    }

    public void completeTask(String taskId) {
        taskService.complete(taskId);
    }

}
```

No es necesario definir clases en la capa de modelo debido a que, al integrar el motor Activiti se incluyen también todas las clases de modelo que este necesita para su correcto funcionamiento.

De manera similar para la funcionalidad de la firma electrónica se utilizó las siguientes dependencias para la manipulación de documentos (archivos pdf y certificados de firma electrónica), como se puede observar en la figura 12.

Figura 12

*Dependencias necesarias para la funcionalidad Firma electrónica*

```
<dependency>
  <groupId>io.rubrica</groupId>
  <artifactId>rubrica</artifactId>
  <version>0.1.8</version>
</dependency>

<dependency>
  <groupId>org.apache.pdfbox</groupId>
  <artifactId>pdfbox</artifactId>
  <version>2.0.7</version>
</dependency>

<dependency>
  <groupId>org.apache.pdfbox</groupId>
  <artifactId>pdfbox-tools</artifactId>
  <version>2.0.8</version>
</dependency>

<dependency>
  <groupId>com.github.ralfstuckert.pdfbox-layout</groupId>
  <artifactId>pdfbox2-layout</artifactId>
  <version>1.0.1</version>
</dependency>

<dependency>
  <groupId>com.google.guava</groupId>
  <artifactId>guava</artifactId>
  <version>24.0-jre</version>
</dependency>

<dependency>
  <groupId>org.slf4j</groupId>
  <artifactId>slf4j-api</artifactId>
</dependency>

<dependency>
  <groupId>org.slf4j</groupId>
  <artifactId>slf4j-log4j12</artifactId>
  <version>1.7.25</version>
</dependency>
```

En el controlador encargado de la firma electrónica podemos encontrar los métodos correspondientes al almacenamiento de los documentos pdf y .p12 dentro del servidor y la función encargada de firmar los archivos, código visible en las figura 13 y figura 14 respectivamente.

Figura 13

*Método guardar File*

```

@PostMapping(value = "/pdfFirmar", consumes = { "multipart/form-data" })
public String guardarFile(@RequestParam("file") MultipartFile multiPart) {
    if (!multiPart.isEmpty()) {
        // String ruta = "/pex/documentos/"; // Linux/MAC
        String ruta = "c:/pex/documentos/"; // Windows
        String nombreArchivo = Utileria.guardarArchivo(multiPart, ruta);
        return nombreArchivo;
    }
    return "Error";
}

```

Figura 14

*Método guardar*

```

@PostMapping("/firmar")
public String guardar(@RequestBody Firma firma) throws Exception {
    PDDocument doc = PDDocument.load(new File("c:/pex/documentos/" + firma.getPdf()));
    firma.setNumPagina(doc.getNumberOfPages());
    KeyStore ks;
    KeyStoreProvider ksp = new FileKeyStoreProvider("c:/pex/documentos/" + firma.getLlave());
    System.out.println(firma);
    ks = ksp.getKeyStore(firma.getClave().toCharArray());
    X509Certificate cert = validarFirma(ks, firma.getAlias());
    if (cert != null && this.alias != null) {
        FirmaDigital firmaDigital = new FirmaDigital();

        File documento = new File("c:/pex/documentos/" + firma.getPdf());
        String nombreDocFirmado = FirmadorFileUtils.crearNombreFirmado(documento);

        String nombre = CertificadoEcUtils.getNombreCA(cert);

        System.out.println("NOMBRE: " + nombre);

        DatosUsuario datosUsuario = CertificadoEcUtils.getDatosUsuarios(cert);

        String hoy = LocalDateTime.now().toString();
        System.out.println(hoy);
        System.out.println();
    }
}

```

```

        datosUsuario.setFechaFirmaArchivo(hoy);
        Point point = new Point();
        point.setLocation(firma.getCordenadaX(), firma.getCordenadaY());
        byte[] docTemp = FirmadorFileUtils.addVisibleSign(documento, datosUsuario, point,
            firma.getNumPagina(), "", false);

        Rectangle position;
        position = new Rectangle(point.x, point.y, point.x+100, point.y+35);

        byte[] docSigned = firmaDigital.firmar(ks, this.alias, docTemp, documento, firma.getClave().toCharArray(), position,
            firma.getNumPagina());

        nombreDocFirmado = verificarNombre(nombreDocFirmado);

        FirmadorFileUtils.saveByteArrayToDisc(docSigned, nombreDocFirmado);

        this.alias = null;

        return nombreDocFirmado;
    } else
        return "Error";
}

```

*Nota.* Este método es el encargado de firmar el documento.

### 3.4.1. Despliegue del proyecto

El código fuente del proyecto se desplegó en un servidor de prueba que funciona en la intranet de la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. El acceso al sistema está restringido únicamente para usuarios autorizados por el departamento de seguridad de la información FAE, su personal podrá designar los perfiles o roles que desempeñan los usuarios según la función que ejercen durante la ejecución del proceso PEX.

## 3.5. Pruebas

Hoy en día en el desarrollo de software es indispensable que exista una fase de pruebas, la misma que nos permite valorar si el producto

software que se entrega cumple con los estándares y la calidad esperada por el cliente, es decir entregar un software robusto y mantenible.

### 3.5.1. Pruebas Unitarias

Las pruebas unitarias nos ayudan a verificar que un módulo o fragmentos de código funcione correctamente, satisfaciendo todos los requisitos anteriormente planteados, estas pruebas están representadas en la tabla 17.

**Tabla 17**

*Pruebas de unitarias*

N°	Prueba	Cumple
1	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0001	si
2	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0002	si
3	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0003	si
4	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0004	si
5	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0005	si
6	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0006	si

N°	Prueba	Cumple
7	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0007	si
8	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0008	si
9	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0009	si
10	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0010	si
11	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0011	si
12	Se probó la funcionalidad de la historia de usuario HU-0012	si

*Nota.* Las pruebas se realizaron en torno a cada historia de usuario anteriormente especificadas

### 3.5.2. Pruebas de Integración

Estas pruebas tienen como objetivo validar que los fragmentos de código probados unitariamente en conjunto tengan un correcto funcionamiento ajustándose a los requisitos especificados, como se puede observar en la tabla 18.

**Tabla 18***Pruebas de integración*

<b>N°</b>	<b>Prueba</b>	<b>Cumple</b>
1	Se probó la funcionalidad en conjunto de las historias de usuario HU-0001, HU-0002, HU-0003, HU-0012	si
2	Se probó la funcionalidad en conjunto de la historia de usuario HU-0004, HU-0005	si
3	Se probó la funcionalidad en conjunto de la historia de usuario HU-0006, HU-0011	si
4	Se probó la funcionalidad en conjunto de la historia de usuario HU-0007, HU-0008	si
5	Se probó la funcionalidad en conjunto de la historia de usuario HU-0009, HU-0010	si

*Nota.* Las pruebas se realizaron en base a cómo interactúan las historias de usuario de una manera dependiente una de la otra.

**3.5.3. Pruebas de sistema**

Las pruebas de sistema, representadas por la tabla 19, verifican que todo el aplicativo funcione globalmente, es decir, validando que el sistema funcione correctamente al comunicarse con el resto de los sistemas con los que se relaciona y estos cumplan todas las especificaciones funcionales, dando como resultado un comportamiento similar al de la aplicación en un entorno de producción.

**Tabla 19***Prueba de sistema*

N°	Prueba	Cumple
1	Las visitas especificadas en cada historia de usuario funcionan correctamente con el controlador que le corresponde.	si

*Nota.* Se probó que tanto la parte del Back End y el Front End funcionan correctamente entre sí.

**3.5.4. Pruebas de aceptación**

Estas pruebas son las encargadas de comprobar la satisfacción de los usuarios con el sistema. En nuestro caso todas las vistas (el diseño de interfaces) fue aprobado por el personal militar de la unidad de Compras públicas de la FAE, teniendo en cuenta los siguientes factores de éxito para la aceptación positiva de los usuarios.

- Uso de la paleta de colores institucional en el diseño de interfaces.
- Formularios y cuadros de texto sencillos, amigables con el usuario.
- Gracias a las iteraciones de SCRUM las interfaces fueron trabajadas progresivamente durante el desarrollo del proyecto en función a las necesidades del cliente.

## Capítulo IV

### 4. Validación del sistema

#### 4.1. Introducción

En este capítulo se describen las tareas por medio de las cuales se comprobó que el producto software desarrollado en el presente proyecto cumple con sus especificaciones y objetivos, así como también con las necesidades y expectativas de los usuarios finales.

La validación del sistema de automatización de los procesos de compras públicas por procedimiento al exterior PEX en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana haciendo uso de un motor BPM Open Source y firma electrónica, se realizó durante todas y cada una de las iteraciones desarrolladas acorde a la metodología SCRUM en conjunto con el personal militar administrativo de la unidad de compras públicas. Una vez finalizado el proyecto se evaluó la usabilidad del aplicativo web por medio de una encuesta la cual se detalla en el anexo A.

#### 4.2. Aceptación del sistema

La aceptación del sistema es medible en varios niveles de satisfacción por parte del usuario al momento de ocupar el aplicativo software, es decir que tan cómodo resulta emplear el sistema a nuestro cliente o la rapidez con la que aprende a interactuar de forma correcta sin necesitar de cualquier tipo de capacitación o soporte técnico.

Acorde a lo mencionado anteriormente para la evaluación de la usabilidad en el presente proyecto utilizamos el test Sistema de Escalas de Usabilidad o SUS por sus siglas en inglés (System Usability Scale). Esta escala tiene definidos tanto el formulario de la encuesta (la cual se puede observar en la tabla 20), así como también sus criterios de evaluación, motivo por el cual resulta sencilla de aplicar y garantiza la veracidad de los resultados.

Los criterios de evaluación de la escala SUS son los siguientes:

1. Totalmente en desacuerdo
2. No está de acuerdo
3. Ni en acuerdo ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente en acuerdo

Los resultados de la ejecución del test SUS son calculados mediante las siguientes premisas:

- A las preguntas impares se les debe restar el valor 1
- El valor de las preguntas pares será el resultado de restar 5 menos el valor asignado por el usuario
- Se suma el valor obtenido en cada pregunta y este resultado se lo multiplica por 2.5
- La máxima nota para obtener es 100

**Tabla 20***Encuesta SUS*

<b>N°</b>	<b>Preguntas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	Cree usted que le gustaría utilizar este sistema con frecuencia.					
2	El sistema me pareció innecesariamente complejo.					
3	Me pareció que el sistema era fácil de usar.					
4	Creó que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema.					
5	Me pareció que las distintas funciones de este sistema estaban bien integradas.					
6	Pensó que había demasiada inconsistencia en este sistema.					
7	Imaginó que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente.					
8	Encontró el sistema muy complicado de usar.					
9	Se siente muy seguro usando el sistema.					
10	Necesitó aprender muchas cosas antes de poder empezar a trabajar con este sistema.					

Este instrumento de evaluación fue aplicado a 20 personas de la Unidad de Compras Públicas de la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, obteniendo los resultados que se pueden observar en la Tabla 21.

**Tabla 21***Resultados de la evaluación del test SUS*

<b>Número de Encuesta</b>	<b>Resultado</b>
1	70
2	82,5
3	82,5
4	67,5
5	72,5
6	80
7	85
8	82,5
9	85
10	72,5
11	75
12	75
13	67,5
14	80
15	72,5
16	60
17	87,5
18	72,5
19	72,5
20	80

<b>Promedio</b>	<b>76.125</b>
-----------------	---------------

Tal y como se observa en la Tabla 21 el promedio de los resultados al aplicar la encuesta es de 76.125, teniendo en cuenta que, acorde a los lineamientos del test SUS, el valor máximo es de 100, es correcto afirmar que la usabilidad del proyecto es aceptable.

#### 4.3. Recolección de Datos

Los datos con los que se planea validar la hipótesis fueron obtenidos de la documentación de 20 procesos PEX que fueron ejecutados durante todo el año 2021 en la unidad de compras públicas de La Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, los mismos 20 procesos fueron ejecutados nuevamente, pero esta vez utilizando el sistema de automatización PEX, con el fin de realizar un análisis comparativo del antes y el después, como se puede observar en las tablas 22 y 23 respectivamente.

**Tabla 22**

*Horas de trabajo necesarias para el cumplimiento de tareas realizadas por proceso de forma tradicional*

<b>Nombre de Proceso</b>	<b>Preparatoria</b>	<b>Precontractual</b>	<b>Contractual</b>	<b>Seguimiento y Control</b>
<b>PEX-CGFAE-001-2021</b>	24	24	8	15
<b>PEX-CGFAE-002-2020</b>	25	29	5	14

<b>Nombre de Proceso</b>	<b>Preparator ia</b>	<b>Precontract ual</b>	<b>Contractu al</b>	<b>Seguimiento y Control</b>
<b>PEX-CGFAE-003- 2021</b>	23	22	3	11
<b>PEX-CGFAE-004- 2021</b>	25	26	6	10
<b>PEX-CGFAE-005- 2021</b>	24	22	8	16
<b>PEX-CGFAE-007- 2021</b>	24	25	7	18
<b>PEX-CGFAE-008- 2021</b>	15	20	10	16
<b>PEX-CGFAE-009- 2021</b>	24	24	5	17
<b>PEX-CGFAE-010- 2021</b>	24	29	5	12
<b>PEX-CGAFE-011- 2021</b>	23	27	8	16
<b>PEX-CGFAE-019- 2021</b>	25	25	7	19
<b>PEX-CGFAE-030- 2021</b>	25	23	9	11
<b>PEX-CGFAE-023- 2021</b>	23	25	4	16

<b>Nombre de Proceso</b>	<b>Preparator ia</b>	<b>Precontract ual</b>	<b>Contractu al</b>	<b>Seguimiento y Control</b>
<b>PEX-CGFAE-015- 2021</b>	20	24	5	19
<b>PEX-CGFAE-018- 2021</b>	24	27	6	15
<b>PEX-CGFAE-029- 2021</b>	24	29	7	17
<b>PEX-CGFAE-025- 2021</b>	24	27	9	19
<b>PEX-CGFAE-013- 2021</b>	26	28	10	15
<b>PEX-CGFAE-014- 2021</b>	26	22	8	11

**Tabla 23**

*Horas de trabajo necesarias para el cumplimiento de tareas realizadas por proceso utilizando el sistema de automatización*

<b>Nombre de Proceso</b>	<b>Preparatori a</b>	<b>Precontract ual</b>	<b>Contractu al</b>	<b>Seguimiento y Control</b>
<b>PEX-CGFAE-001- 2021</b>	8	23	1	14
<b>PEX-CGFAE-002- 2020</b>	7	28	2	13

<b>Nombre de Proceso</b>	<b>Preparatori a</b>	<b>Precontract ual</b>	<b>Contractu al</b>	<b>Seguimiento y Control</b>
<b>PEX-CGFAE-003- 2021</b>	9	21	3	10
<b>PEX-CGFAE-004- 2021</b>	6	25	2	9
<b>PEX-CGFAE-005- 2021</b>	7	21	1	15
<b>PEX-CGFAE-007- 2021</b>	8	24	2	17
<b>PEX-CGFAE-008- 2021</b>	8	19	3	15
<b>PEX-CGFAE-009- 2021</b>	9	23	1	16
<b>PEX-CGFAE-010- 2021</b>	9	28	2	11
<b>PEX-CGAFE-011- 2021</b>	6	26	3	15
<b>PEX-CGFAE-019- 2021</b>	7	24	2	18
<b>PEX-CGFAE-030- 2021</b>	8	22	1	10
<b>PEX-CGFAE-023- 2021</b>	7	24	2	15

<b>Nombre de Proceso</b>	<b>Preparatori a</b>	<b>Precontract ual</b>	<b>Contractu al</b>	<b>Seguimiento y Control</b>
<b>PEX-CGFAE-015- 2021</b>	7	23	3	18
<b>PEX-CGFAE-018- 2021</b>	9	26	2	14
<b>PEX-CGFAE-029- 2021</b>	6	28	2	16
<b>PEX-CGFAE-025- 2021</b>	8	26	1	18
<b>PEX-CGFAE-013- 2021</b>	7	27	1	14
<b>PEX-CGFAE-014- 2021</b>	6	21	1.5	10

#### **4.4. Resultados de la recolección de Datos**

Una vez tabulados los datos se calcula la media tanto de la ejecución del PEX tradicional como del proceso automatizado. También se tabularon y evaluaron la cantidad de tareas manuales realizadas por el personal militar antes y después de la automatización de los procesos mediante el uso del sistema, como se puede observar en las tablas 24 y 25 respectivamente.

**Tabla 24**

*Tiempo promedio de ejecución de cada etapa medido en horas.*

<b>Etapa del proceso</b>	<b>Tiempo promedio de la ejecución tradicional (horas)</b>	<b>Tiempo promedio de la ejecución automatizada (horas)</b>
<b>Preparatoria</b>	23,24563198	7,326702372
<b>Precontractual</b>	24,8828832	23,87106931
<b>Contractual</b>	6,194049159	1,67646725
<b>Seguimiento y Control</b>	14,51948311	13,47149074

**Tabla 25**

*Número de tareas manuales realizadas en cada etapa.*

<b>Etapa del proceso</b>	<b>Número de tareas manuales antes de automatizar</b>	<b>Número de tareas manuales después de automatizar</b>
<b>Preparatoria</b>	4	0
<b>Precontractual</b>	6	4
<b>Contractual</b>	2	1
<b>Seguimiento y Control</b>	1	0

#### 4.5. Análisis de resultados

La hipótesis del presente proyecto es: ¿Si se desarrolla un sistema software con el uso de un motor BPM Open Source y firma electrónica entonces podremos automatizar los procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana?; y las variables de investigación son:

Variable dependiente: Automatizar los procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

Variable independiente: Sistema software empresarial apoyado por un motor BPM open source.

Los indicadores que fueron considerados para la validación son:

- Reducción del tiempo promedio en la ejecución de los procesos.
- Menor tiempo promedio de generación de documentación correspondiente a los procesos.
- Acceso más rápido a la documentación generada en los procesos.
- Disminución del número de tareas ejecutadas de forma manual.

En la Tabla 24, Tiempo promedio de ejecución de cada etapa medido en horas, se puede observar que los tiempos de ejecución utilizando el sistema software disminuyeron significativamente en comparación a los

tiempos de la ejecución tradicional, con la excepción de las etapas precontractual y de seguimiento y control en donde el cambio fue mínimo debido a que la ejecución de estas etapas no es totalmente realizada de forma interna por la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, es decir en estas fases interactúan agentes externos a la institución.

Del mismo modo según la Tabla 25, Número de tareas realizadas en cada etapa, se indica que en las etapas: preparatoria y seguimiento y control, las tareas o subprocesos que se realizaban de forma manual fueron reducidas en su totalidad. Por otro lado, en las otras etapas se nota un porcentaje menor de tareas ejecutadas manualmente posterior a la automatización por medio del sistema software.

La validación de la hipótesis se realizó mediante la distribución t de Student, ya que esta distribución permite probar la igualdad de las medias de dos grupos de datos. Es necesario definir las hipótesis nula y alternativa respectivamente.

Hipótesis nula ( $H_0$ ): ¿Si se desarrolla un sistema software con el uso de un motor BPM Open Source y firma electrónica entonces no podremos automatizar los procesos de contratación por procedimiento exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana?

Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): ¿Sí se desarrolla un sistema software con el uso de un motor BPM Open Source y firma electrónica entonces

podremos automatizar los procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana?

En la Tabla 26, se muestran los resultados de la ejecución de los procesos PEX de forma tradicional y haciendo uso del sistema de automatización, obteniendo un promedio de 22.49, la varianza de 49.80 y la desviación estándar de 7.05.

**Tabla 26**

*Cálculo de la media de la diferencia de los tiempos*

<b>Etapa del proceso</b>	<b>Tiempo promedio de la ejecución tradicional (horas)</b>	<b>Tiempo promedio de la ejecución automatizada (horas)</b>	<b>Diferencias de medias</b>
<b>Preparatoria</b>	23,24563198	7,326702372	15,91892961
<b>Precontractual</b>	24,8828832	23,87106931	1,011813891
<b>Contractual</b>	6,194049159	1,67646725	4,517581909
<b>Seguimiento y control</b>	14,51948311	13,47149074	1,047992368
<b>Promedio</b>	68,84204745	46,34572967	22,49631778

<b>Varianza</b>	49,807281
	06
<b>Desviación</b>	7,0574273
<b>Estándar</b>	69

El cálculo de los grados de libertad se lo realiza por medio de la fórmula  $n - 1$  obteniendo el valor de 3, según la tabla t-Student, para el 0.05% de confianza, se obtiene el valor de 2.3534, el cual representa el límite entre las zonas de aceptación y de rechazo, las cuales quedan definidas de la siguiente manera:

Si  $t \leq 2.3534$  entonces no se rechaza  $H_0$

Si  $t > 2.3534$  entonces se rechaza  $H_0$

Se procede a la aplicación de la ecuación de inferencia estadística:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Sabiendo que:

$\bar{X}$  = Media

$\mu$  = Valor por analizar

$s$  = Desviación estándar

$n$  = Tamaño de la muestra

Se obtiene:

$$t = \frac{22,49631778 - 0}{\frac{7,057427369}{\sqrt{4}}}$$

$$t = 6.375217$$

#### 4.6. Discusión de resultados

El valor que se obtiene mediante el análisis de resultados es de 6.375217 el cual es mayor a 2.3534, por lo tanto, la hipótesis alternativa es aceptada y podemos afirmar que gracias al desarrollo y despliegue del sistema software que utiliza un motor BPM Open Source y el manejo de firma electrónica, es posible automatizar los procesos PEX de la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

## Capítulo V

### 5. Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1 Conclusiones

Se desarrolló un aplicativo web que permite ejecutar el proceso de contratación al exterior en la comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, el mismo que ha permitido reducir los tiempos de ejecución de cada proceso del PEX.

La metodología BPM es una herramienta que permite optimizar la ejecución de los procesos internos de una empresa de una manera más segura y eficiente, debido a esto se implementó un motor BPM open Source el cual ha demostrado que optimiza y mejora el tiempo de ejecución de las tareas manuales en un flujo de trabajo, es decir se redujo el tiempo promedio de ejecución de sub procesos y de la producción de la documentación de los mismos, así como también disminuyeron el número de tareas que se realizaban de forma manual.

Se desplego un módulo para legalizar digitalmente los documentos generados en la ejecución del proceso PEX, el cual ha permitido optimizar el tiempo a través del manejo de la firma electrónica, además de aumentar la seguridad garantizando la autoría y validez de los documentos necesarios para la contratación pública en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

Se concluye que gracias a la automatización por medio del motor BPM los procesos de contratación pública por procedimiento al exterior se ejecutan de una manera eficiente, excepto en las etapas o fases del PEX que requieren la intervención de uno o más agentes externos a la institución.

La información recolectada a lo largo del capítulo 2 resultó de gran utilidad al momento de desarrollar el aplicativo, gracias a que nos dio un fundamento necesario para tener una visión más acertada del cómo optimizar el PEX en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

Uno de los principios de BPM se enfoca en fomentar la comunicación interna, gracias al uso de esta metodología fue posible incluir en el desarrollo del proyecto, el cumplimiento del indicador que especifica el acceso rápido, fácil y seguro a la documentación generada durante la ejecución del PEX.

El resultado obtenido después de aplicar el test de usabilidad “SUS” fue de 76.125 sobre 100 puntos, lo que refleja el grado de aceptación de los usuarios finales sobre el aplicativo web, es decir, el sistema es amigable y fácil de entender para el personal militar y administrativo de la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda aumentar el alcance del software en futuros desarrollos, para que las próximas versiones del sistema, tomen en cuenta

subprocesos que no fueron considerados para su automatización y que tienen relación con los procesos de contratación pública por procedimiento al exterior, como por ejemplo el proceso de verificación de producción nacional.

Se recomienda probar la automatización del proceso de contratación pública por procedimiento al exterior mediante el uso de sistemas IBPMS (Intelligent Business Process Management Suites), los cuales van un poco más allá que las herramientas BPM gracias al uso de inteligencia artificial.

Ejecutar un análisis exhaustivo con el objetivo de reducir el número de información duplicada que existe en las bases de datos como hojas de cálculo(.xlsx), esquemas Postgresql, entre otros, de esta forma se puede disminuir el tamaño del almacenamiento de los datos y facilitar su manipulación.

Se recomienda estandarizar los formatos de los documentos que son generados en cada una de las etapas que se ejecutan durante el desarrollo del PEX.

Se recomienda adoptar en el desarrollo de los proyectos internos, las metodologías SCRUM y BPM ya que gracias a sus enfoques iterativos poseen una mejor aceptación y adaptación al cambio y le dan protagonismo a la participación del usuario o cliente durante todas las etapas del desarrollo.

Hoy en día la gran mayoría de documentos son manipulados de forma digital, acorde a este hecho es recomendable reemplazar la firma manual o tradicional por la electrónica, ya que este método de legalización asegura integridad y la autoría del responsable de cada documento.

## Bibliografía

Amaro Calderón, S. D., & Valverde Rebaza, J. C. (2007). Metodologías ágiles. Escuela de Informática. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

Asensio, P. P., & Arbós, R. V. (2005). Automatización de procesos mediante la guía GEMMA. Barcelona. Edit. Edicions UPC.

AuraPortal is now AuraQuantic. (2016, 14 noviembre). La Información en la Gestión por Procesos con iBPMS. AuraPortal.

<https://www.auraquantic.com/es/la-informacion-en-la-gestion-por-procesos-con-ibpms/>

Bonitasoft. (s. f.). Plataforma de código abierto para la automatización de procesos de negocio | BPM. Recuperado 23 de marzo de 2021, de <https://es.bonitasoft.com/>

Bravo Chango, G. R. (2018). Las consecuencias jurídicas entorno a la terminación unilateral y anticipada de la contratación pública (Bachelor's thesis).

Castillo, P. A. A. (2011). BONITA SOFT: Gestor de procesos de negocios BPM. Universidad Nacional de Colombia.

- Cabrera, H. R., León, A. M., Medina, D. N., & Chaviano, Q. N. (2015).  
Revisión del estado del arte para la gestión y mejora de los procesos  
empresariales. *Enfoque UTE*, 6(4), 1-22.
- Hitpass, B. (2017). *BPM: Business Process Management: Fundamentos y  
Conceptos de Implementación 4a Edición actualizada y ampliada*.  
Dr. Bernhard Hitpass.
- jBPM - Open Source Business Automation Toolkit - jBPM Business  
Automation Toolkit. (s. f.). JBPM. Recuperado 23 de marzo de 2021,  
de <https://www.jbpm.org/>
- Karagiannis, D. (1995). BPMS: business process management systems.  
*ACM SIGOIS Bulletin*, 16(1), 10-13.
- Long, J. (2015, 8 marzo). Getting started with Activiti and Spring Boot.  
Spring. [https://spring.io/blog/2015/03/08/getting-started-with-activiti-  
and-spring-boot](https://spring.io/blog/2015/03/08/getting-started-with-activiti-and-spring-boot)
- Montero, B. M., Cevallos, H. V., & Cuesta, J. D. (2018). Metodologías ágiles  
frente a las tradicionales en el proceso de desarrollo de software.  
*Espirales revistas multidisciplinaria de investigación*, 2(17).
- Navarro, A. M. (2017). El impacto de los BPMS en la gestión de los  
procesos y del conocimiento de las organizaciones (Doctoral  
dissertation, Universidad de Cádiz).

Open Source Business Automation | Activiti. (s. f.). Activiti. Recuperado 23 de marzo de 2021, de <https://www.activiti.org/>

Pérez Gil, J. C. (2019). Modelo de gestión por procesos usando Business Process Management Systems (BPMS) para optimizar las operaciones de logística en la empresa “Grupo Econosalud” Chiclayo-Lambayeque.

Pahino, R. (2020, 31 marzo). ¿Qué son Spring framework y Spring Boot? Tu primer programa Java con este framework. campusMVP.es. <https://www.campusmvp.es/recursos/post/que-son-spring-framework-y-spring-boot-tu-primer-programa-java-con-este-framework.aspx>

Pardo, M. R. V., Tapia, J. A. H., Moreno, A. S. G., & Sánchez, L. F. V. (2018). Comparación de tendencias tecnológicas en aplicaciones web.

Preguntas Frecuentes - Entidad de Certificación BCE. (s. f.). Entidad de Certificación BCE - Banco Central Del Ecuador. Recuperado 3 de mayo de 2021, de <https://www.eci.bce.ec/preguntas-frecuentes#2>

Rico Acosta, C. P. (2011). Metodología para gestión de proyectos de administración de procesos de negocio-bpm-en empresas de servicios en Latinoamérica.

- Ramírez Pérez, S. (2020). Estudio del framework Spring, Spring Boot y microservicios.
- Sarmiento Fernández, B. (2017). Aplicación web para mejorar la gestión hotelera en el Hostal EROS-Chimbote.
- Supelano, K. L. (2015). Modelo de automatización de procesos para un sistema de gestión a partir de un esquema de documentación basado en Business Process Management (bpm). *Universidad & Empresa*, 17(29), 131-155.
- Taslitchi, C., Racovita, V., Moldoveanu, F., Moldoveanu, A., Morar, A., & Garmacea, V. (2018). Automation of liberal professions by applying the dynamic management of distributed cases concepts. *UPB Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering and Computer Science*, 80(1), 63-76.
- The PostgreSQL Global Development Group. (2018). PostgreSQL 9.6.9 Documentation. The PostgreSQL Global Development Group.  
<https://www.postgresql.org/files/documentation/pdf/9.6/postgresql-9.6-A4.pdf>
- Tito, M. P. C., Villarreal, W. A. Z., & Realpe, J. H. M. (2018). Uso de BPM en la automatización de procesos. *SATHIRI*, 13(2), 198-218.

Lizano Martinez, R., Madril Romero, C., & Villao Quezada, F. (2014).

Aplicaciones de la firma electrónica en Ecuador.

Sandoval Unapucha, M. D. (2020). Sistema de lotería de apuestas

deportivas en el fútbol con Spring Framework para la empresa

Alquimiasoft SA (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato.

Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera

de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informáticos).

Bascón Pantoja, E. (2004). El patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador

(MVC) y su implementación en Java Swing. *Acta Nova*, 2(4), 493-

507.

Haro, E., Guarda, T., Peñaherrera, A. O. Z., & Quiña, G. N. (2019).

Desarrollo backend para aplicaciones web, Servicios Web Restful:

Node. js vs Spring Boot. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias*

de Informação, (E17), 309-321.

Zayas, F., & Milagro, Y. (2013). La firma electrónica, su recepción legal:

Especial referencia a la ausencia legislativa en Cuba. *Revista Ius*,

7(31), 104-120.

Permana, P. A. G. (2015). Scrum method implementation in a software

development project management. *International Journal of Advanced*

*Computer Science and Applications*, 6(9), 198-204.

- Cardona, E. M., Erazo, H. A. O., & Merchan, L. Modelo de Gestion de Procesos para Catastro usando el ciclo de vida BPM y Canvas  
Process Management Model for Cadastre using the BPM life cycle and Canvas.
- Irigoitia, M. L. (2016). Análisis, diseño e implantación de firma digital en documentos electrónicos.
- Tito, M. P. C., Villarreal, W. A. Z., & Realpe, J. H. M. (2018). Uso de BPM en la automatización de procesos. SATHIRI, 13(2), 198-218.
- Tobar Estrella, M. (2006). Firmas Electrónicas y su Régimen de Aplicación, Análisis de la Normativa en el Ecuador (Master's thesis, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador).
- Zayas, F., & Milagro, Y. (2013). La firma electrónica, su recepción legal: Especial referencia a la ausencia legislativa en Cuba. Revista Ius, 7(31), 104-120.

**Anexos**