

Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas  
Facultad de Matemática, Física y Computación



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

*Título: Sistema para la Interpretación y Estimación  
del Esfuerzo de Modelos de Procesos de Negocio  
(IEEMPON)*

**Autor:** Claudia Maure González

**Tutores:** Dra. Gheisa Lucía Ferreira Lorenzo

Ing. Yaimara Granados Hondares

Santa Clara

2015

# Declaración Jurada

La que suscribe, Claudia Maure González, hago constar que el trabajo titulado “Sistema para la Interpretación y Estimación del Esfuerzo de Modelos de Procesos de Negocio (IEEMPON)” fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de los estudios de la especialidad de Ingeniería Informática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la autorización de la Universidad.

---

Firma del autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del Tutor(es)

---

Firma del Jefe del Laboratorio

Junio 2015

# Pensamiento

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”

Albert Einstein

“La confianza en sí mismo es el primer secreto del éxito”

Emerson

# Dedicatoria

## **Dedico este paso importante en mi vida a:**

Mi madre por todo su apoyo, por su amor sin límites, por ser mi amiga, por su confianza.

Mi padre por no importar distancia para hacerme saber cuán importante soy para él, por su apoyo, por su amor.

Mi hermana por quererme tanto, por escucharme cuando teníamos diferencias, por poder contar siempre con ella.

Mi familia por, a pesar de tener diferencias, enseñarme que siempre están en los momentos que más se necesita.

# Agradecimientos

A:

Mis padres por ser tan especiales, por ser los mejores.

Mi hermana por estar siempre presente.

Mis tutoras Yaimara Granados y Gheisa Ferreira por su apoyo, confianza y ayuda, por ser personas que doy gracias haber conocido por lo especiales que son.

Una persona que fue mi apoyo en el principio de la carrera cuando estaba sola y confió en mí, cuando quienes debían, no lo hicieron.

Mi tía Elsi por ser para mí, como una madre, por todo su amor.

A mi amiga Jessica (Mi), por brindarme calma cuando estaba nerviosa, por ayudarme, aconsejarme y por demostrarme que la amistad existe.

Grettel por escucharme siempre que necesitaba desahogarme, y poder contar con ella cada vez que lo necesitara.

Rosmery por a pesar de ser las dos tan nerviosas, nos escuchábamos y calmábamos como podíamos, por enseñarme que a los seres que queremos los tenemos que aceptar como son.

Yailen por no solo ser mi profesora sino ser amiga, por poder contar incondicionalmente con su ayuda, por escucharme cuando ni yo misma me aguantaba.

Mi compañero de aula, amigo y hermano Fernando, por ser la calma cuando yo soy la intranquilidad, por ser paciencia cuando yo estaba alterada, por poder contar con los ojos cerrados con él.

Lourdes por quererme tanto, por querer protegerme siempre, por tenerme como su hija, al igual que el Tramoso.

Yoelvis por estar ahí cuando necesitaba que me llevara a estudiar, por demostrarme que los amigos existen.

Mi tío Joseito por quererme no solo como sobrina, sino como una hija.

Mi primo Eduardito por ser un ejemplo de superación para mí, por enseñarme que no hay obstáculo que no se pueda pasar, por a pesar de en ocasiones no poder, siempre tratar de estar cuando lo necesitaba.

Mi tía tita por a pesar de haber tenido diferencias en alguna ocasión, quererme tanto y tratar de encontrar una vía de solución cada vez que tenía algún problema.

Mi padrino (Jorge) por ser mi transporte en esta última etapa de desesperación.

Castillo por a pesar de volverme loca, poder contar con él.

Naylet por ser tan ocurrente y siempre hacerme reír.

A mi relación, por acompañarme, apoyarme y demostrarme siempre cuanto me quiere.

Todos mis compañeros de aula por haber sido tan unidos, por poder contar con quien se necesitara siempre, por tener buenos recuerdos de todos estos años.

Los profesores quienes dedicaron tiempo y esfuerzo para enseñarme e hicieron que hoy pudiera agradecerles en mi trabajo de diploma.

A todas aquellas personas que saben que las quiero y que son muy importantes para mí.

A todos los que, aunque no haya mencionado saben que ocupan una parte en mí.

A los que se preocupaban por mis exámenes y por mis problemas.

A los que de una forma u otra contribuyeron a que este momento se hiciera realidad.

A todos

Gracias y mil gracias.

## Resumen

En el presente trabajo se aborda la problemática de cómo, a partir del modelado de procesos de negocio, se puede estimar el esfuerzo en horas/hombre para la automatización del mismo. Se tienen en consideración para el cálculo de la estimación un conjunto de métricas obtenidas de la literatura, las cuales tomaron valor a partir de la creación de la base de casos con 80 modelos de procesos de negocio. El modelo de predicción de la estimación se obtiene a partir de la aplicación de técnicas de regresión lineal a los datos recopilados. Este modelo, conjuntamente con la determinación de las métricas, constituyen las características fundamentales de una herramienta que puede auxiliar a los investigadores en la determinación del esfuerzo en etapas tempranas del desarrollo del software, a partir de la interpretación de modelos de procesos de negocio en formatos .xpdL y .bpmn. La aplicación desktop ha sido desarrollada con la utilización del entorno de desarrollo NetBeans IDE 8.0 y la incorporación de bibliotecas tales como jdom, jxl y postgresql-9.2 para la conexión con el gestor de bases de datos PostgreSQL.

## Abstract

The present work deals with the problem of, starting from the modeling of business processes, estimate the effort in hours/men for its computerization. For the estimation calculus we take into account different metrics from the literature, which take value from a database created with 80 business process models. The prediction model for the estimation is obtained from the application of lineal regression techniques to the gathered data. This model, together with the calculus of the metrics, constitute the main characteristics of a tool that can help researchers in the effort prediction in early stages of software development, from the interpretation of business processes models in .xpdl and .bpmn extensions. The desktop application or software has been developed using NetBeans IDE 8.0 as programming platform, including the libraries jdom, jxl and postgresql-9.2 for the connection with the database using PostgreSQL.



## TABLA DE CONTENIDOS

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Estado del arte .....</b>	<b>5</b>
1.1 Modelado de Procesos de Negocio.....	6
<b>1.1.1 Estándares para el modelado de procesos de negocio .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.2 Herramientas para el modelado de procesos de negocio .....</b>	<b>11</b>
1.3 Antecedentes de la investigación .....	15
1.4 Tecnología utilizada en el desarrollo de la herramienta.....	16
<b>Conclusiones del capítulo .....</b>	<b>17</b>
<b>II. Modelo de predicción del esfuerzo .....</b>	<b>18</b>
2.1 Selección de métricas.....	19
2.2 Base de casos .....	22
2.3 Procesamiento de datos .....	23
<b>2.3.1 Variante 1: Correlación bivariada-Regresión .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.2 Variante 2: Regresión .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3 Resultados y comparación .....</b>	<b>28</b>
<b>Conclusiones del capítulo .....</b>	<b>30</b>
<b>III. Diseño e implementación de la herramienta IEEMPON .....</b>	<b>31</b>
3.1 Modelo del negocio .....	32
3.2 Definición de los requisitos funcionales y no funcionales del sistema .....	33
3.3 Actores del sistema .....	34
3.4 Diagrama de Casos de Uso y Actores del Sistema .....	34
3.5 Descripción de los casos de uso arquitectónicamente significativos .....	35
3.6 Arquitectura del sistema.....	43
3.8 Diagrama de clases del diseño. ....	45
3.9 Diagramas de secuencia.....	46
<b>3.9.1 Interpretación de métricas .....</b>	<b>48</b>
3.10 Diagrama de despliegue.....	49

<b>Conclusiones del capítulo .....</b>	<b>50</b>
<b>IV. Pruebas del software IEEMPON .....</b>	<b>51</b>
4.1 Casos de prueba .....	52
<b>Conclusiones del capítulo. ....</b>	<b>64</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>65</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>67</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>69</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>73</b>
Anexo 1: Estimación Basada en Puntos de casos de Uso .....	74
Anexo 2: Ayuda del software IEEMPON .....	84

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de productos software ha impactado de forma significativa en la sociedad y en los últimos años ha marcado pautas en el perfeccionamiento de las organizaciones empresariales. La estimación del tiempo, costo y esfuerzo en el desarrollo de estos, juega un papel fundamental y aunque no se puede considerar la estimación, como una ciencia exacta ya que existen numerosas variables humanas, técnicas y del entorno que intervienen, y que pueden afectar los resultados finales, cuando es llevada a cabo de forma sistemática constituye un instrumento útil para la toma de decisiones.

Aunque se trabaja en la mejora del proceso de producción de software, aún existen retos para los especialistas encargados del desarrollo de ese tipo de sistemas. Uno de los retos es el proceso de estimación de variables como el tiempo, el esfuerzo y los costos. Uno de los problemas que se presenta al estimar estas variables es que algunos de los modelos de estimación son dependientes del juicio experto y requieren personal con experiencia para aplicarlos.

Otro aspecto que incide directamente en la estimación de tiempo, esfuerzo y costos de un producto software es sin dudas la complejidad de este. Mientras más complejo es el producto a desarrollar, mayor será el tiempo que se invertirá en su construcción, el esfuerzo que demandará su realización y los costos asociados.

Las técnicas de estimación actuales o más usadas requieren datos e información presente en etapas avanzadas del ciclo de desarrollo de software por lo que es deseable obtener un modelo que permita estimar en etapas tempranas el esfuerzo que va a requerir cada proyecto, y así no afectar su éxito, pudiendo tomar decisiones que afecten la realización de este.

La etapa más temprana en la concepción de un producto software es la identificación y la representación de los procesos de negocio de la organización a la que servirá de apoyo el sistema informático. Los procesos de negocio no forman parte del espacio de la solución en la confección de un producto software, sin embargo, es a partir de estos que se identifica la necesidad de construir un producto informático y concebir las funcionalidades imprescindibles que se deben implementar en el sistema. Los procesos de negocio son

# Introducción

aquellas actividades que se llevan a cabo en una organización con el propósito de entregarle un valor o resultado al cliente.

En (O'Farrill 2012) se propone un procedimiento para evaluar la complejidad de informatizar los procesos de negocio a partir de técnicas estadísticas, cuyas métricas en algunos casos son comunes con las planteadas en (Rolon 2009), sólo que en este caso se permitía una evaluación de la complejidad de un modelo de acuerdo a tres criterios Alta, Media y Baja. Posteriormente en (Bandomo 2014) se realiza un estudio similar pero con la utilización de técnicas de inteligencia artificial. Este último trabajo es automatizado en una herramienta presentada en (Esquivel 2014). Teniendo en cuenta la actualidad del tema y las constantes búsquedas para obtener una estimación del esfuerzo empleado en el desarrollo de productos software lo más acertada y cercana posible a la realidad, estos criterios, aunque útiles, carecen de exactitud y pueden ser interpretados de disímiles maneras ya que, en el caso de que un proceso posea una complejidad Alta, esto no expresa la medida de cuánto va a tardar la automatización del mismo.

De ahí que el presente trabajo se centre en el análisis de modelos de procesos de negocio a fin de extraer información valiosa que influya directamente en la automatización de los mismos y permita estimar el esfuerzo en horas/hombre necesario para su informatización. Para ello se identifica como **problema de investigación** el siguiente:

¿Cómo predecir el esfuerzo que demanda la informatización de un proceso de negocio a partir de su modelo o diagrama utilizando una herramienta informática?

Teniendo como **objetivo general** del presente trabajo:

Desarrollar una herramienta que permita estimar el esfuerzo (horas/hombre) que requiere la informatización de un proceso de negocio a partir de su representación gráfica, con el fin de lograr una planificación de tiempo y recursos humanos lo más cercana posible a la realidad en los equipos de desarrollo de software.

Del objetivo general se desglosan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Identificar métricas asociadas a procesos de negocio que puedan ser utilizadas como base para estimar el esfuerzo de desarrollo del software.
2. Evaluar las métricas propuestas a partir del uso de las técnicas estadísticas.

# Introducción

3. Diseñar una herramienta que incorpore las métricas propuestas y permita estimar esfuerzo de implementación a partir de modelos de procesos de negocio.
4. Implementar la herramienta diseñada.
5. Realizar pruebas al software que permitan su validación y verificación.

Luego de desglosados los objetivos específicos se tienen las siguientes **preguntas de investigación**:

¿Cuáles son las métricas de evaluación que influyen directamente en la automatización de los procesos de negocio?

¿Cómo incorporar las métricas de evaluación de procesos de negocio a una herramienta informática que viabilice la estimación del esfuerzo?

Los resultados de esta investigación presentan un marcado valor práctico. Esto se justifica al presentarse una herramienta que permite a los jefes de proyectos de software determinar el esfuerzo que se requiere para automatizar los procesos de negocio que estos involucran. También ayuda a los investigadores en la temática al reunir múltiples métricas en el estudio y dejar abierta la posibilidad de incorporar otros modelos de predicción.

## **Estructura del documento por capítulos**

Adicionalmente a esta Introducción, la tesis ha sido estructurada en cuatro capítulos, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Anexos. Los capítulos presentan el contenido que se resume a continuación:

### **Capítulo I:** Estado del arte.

En este capítulo se explica el concepto y objetivos de los procesos de negocio, su representación gráfica así como las herramientas que sirven de soporte al modelado de los mismos. Se presentan las características de la tecnología utilizada para el desarrollo de la herramienta a implementar.

### **Capítulo II:** Modelo de predicción del esfuerzo.

En este capítulo se aborda la selección de las métricas que contienen información de interés para la conformación de la base de casos a procesar. Posteriormente se exponen las variantes de modelos de predicción exploradas utilizando técnicas estadísticas y se discuten los resultados obtenidos.

# Introducción

## **Capítulo III:** Diseño e implementación de la herramienta IEEMPON.

En este capítulo se generan los artefactos necesarios para describir todo el proceso de desarrollo de la propuesta de solución para el software IEEMPON. Se exponen los requisitos funcionales y no funcionales del sistema y se detallan los actores y casos de uso y se representan los diferentes diagramas que apoyan la solución propuesta así como su despliegue.

## **Capítulo IV:** Pruebas del software IEEMPON.

En este capítulo se presenta un conjunto de casos de prueba realizados al sistema, así como el análisis de sus resultados, que permiten verificar y validar el software desarrollado.



## **I. ESTADO DEL ARTE**

# I: Estado del arte

En el presente capítulo se realiza un estudio sobre los procesos de negocio, haciendo énfasis en la descripción, lenguaje y herramientas que son utilizadas para el modelado de dichos procesos. Asimismo se describe la tecnología utilizada en el desarrollo del software.

## 1.1 Modelado de Procesos de Negocio

El modelado y diseño de procesos de negocio ha adquirido gran atención en los últimos años tanto en el contexto de sistemas de información, como en la Reingeniería de Procesos de Negocio (Soffer & Wand 2004). Esta popularidad se ha visto propiciada por el surgimiento de nuevas y diferentes propuestas para la gestión de procesos, lo que ha traído como consecuencia que se haya incrementado considerablemente la cantidad y la variedad de usuarios y diseñadores de modelos y los propósitos para los cuales son usados los modelos de procesos (Jørgensen 2004).

Asimismo, la extensibilidad de los modelos de procesos ha adquirido gran relevancia al considerarse que no sólo los expertos en modelado están involucrados en el diseño de modelos de procesos, y por otro lado, los modelos de procesos son usados cada vez más para propósitos puramente organizacionales, como la reorganización de procesos, la certificación, el costo de la planeación de recursos humanos basada en actividades, etc., es decir, más allá de su uso tradicional dentro de la ingeniería del software.

Por lo que es importante tener en cuenta los conceptos relacionados con los procesos de negocio y el modelado de procesos de negocio.

**Proceso de negocio:** Es un conjunto coordinado de actividades seriales y paralelas llevadas a cabo por una organización para entregar valor a los clientes, caracterizándose por ser grandes y complejos, muy dinámicos, ampliamente distribuidos y personalizados, de larga ejecución, automatizados (todo o en parte), dependientes del criterio humano y difíciles de hacer visibles (Smith 2002) .

**Modelo de proceso de negocio:** Es la descripción de cómo trabaja un negocio, o más específicamente como se llevan a cabo las misiones, actividades o tareas (Dufresne & Martín 2003).



# I: Estado del arte

**Modelo Conceptual:** Es un modelo abstracto del proceso de negocio cuyo propósito es perfilar todas las acciones indispensables para producir los resultados esenciales, y que es activado en función del cliente, independientemente de cómo, cuándo, por quién o por cuál medio sean producidos estos resultados (Wedemeijer & de Bruin 2004).

## 1.1.1 Estándares para el modelado de procesos de negocio

Existen varios criterios propuestos por distintos autores (Hommes & van Reijswoud 1999) los cuales están relacionados con la evaluación de lenguajes para el modelado de procesos. Estos criterios se basan en que los lenguajes para el modelado deben:

1. Ser capaces de modelar todas las complejidades que presentan los procesos de negocio, incluyendo: secuencia, bifurcación, enlazamiento, construcción de concurrencia, intervalos, vencimientos, fallos y agregación.
2. Tener un medio de distinción de roles y de asignación de las diversas tareas.
3. Tener una notación intuitiva que sea fácilmente adoptada por el usuario.
4. Ser una representación gráfica inequívoca del lenguaje.
5. Especificar cómo las instancias de procesos serán disparadas e identificadas a lo largo de toda su ejecución.
6. El lenguaje no debe mezclarse con detalles de protocolos de comunicación.
7. Permitir una clasificación del metamodelo y de la notación para cada nivel de análisis del proceso de negocio, como la organización e integración de las tecnologías de la información. La clasificación debe estar acompañada por un mecanismo para navegar entre los diferentes niveles de análisis.
8. Tener un metamodelo y un vocabulario, es decir un grupo de conceptos y relaciones que esté estricta y consistentemente definido para proporcionar un fundamento sólido a las diversas propuestas de proceso de negocio.

Por otra parte existen varios lenguajes que son comúnmente usados en el modelado de procesos de negocio, tales como: los Diagramas de Flujos de Datos, los Diagramas de Flujos de Control, los Diagramas de Gantt, los Diagramas de PERT, entre otros.

Debido a la diversidad de propuestas, es de gran importancia considerar la estandarización en los lenguajes de modelo de procesos de negocio (BPM).

# I: Estado del arte

(Ghalimi & McGoveran 2005) resaltan la importancia del establecimiento de estándares y su uso en BPM, haciendo una comparación con el software empresarial el cual en su mayoría requiere de estándares para aumentar su interoperabilidad, y que para el caso de los BPMS ciertamente merecen ser clasificados como software empresarial. Indican además, que los principales usos de estos estándares para la Gestión de Procesos de Negocio son: la interoperabilidad multi-sistema y el componente inter-operable, los cuales conservan inversión en software, siendo quizás más importante conservar el conocimiento de procesos de negocio en forma reusable. De ahí que existan varios estándares y notaciones relevantes relacionadas con BPM, tales como:

- **Business Process Execution Language for Web Services (BPEL4WS)** (Andrews et al. 2003) que ofrece un lenguaje de ejecución para procesos de negocios distribuidos y transaccionales basado en el modelo matemático Pi-Calculo.
- **Business Process Modeling Language (BPML)** (Arkin 2002) es un meta lenguaje para el modelado de procesos de negocio. Proporciona un modelo de ejecución abstracto para procesos de negocio colaborativos y transaccionales basados en el concepto de una máquina transaccional de estado finito.
- **XML Process Description Language (XPDL)** (Newcomer & Lomow 2005), es un lenguaje de descripción basado en XML para procesos de flujo de trabajo basado en el modelo matemático de las Redes de Petri. Es un subconjunto funcional riguroso de lenguajes de procesos más generales estructurados en bloques tales como BPEL y BPML.
- **Integration Definition Method (IDEF0, IDEF3)** (Bider et al. 2005). IDEF0 es un estándar de modelado de procesos consistente de un mapa de alto nivel de los principales usos de los procesos de negocio de una compañía, y en un segundo nivel proporciona una descomposición funcional de esos procesos. IDEF3, proporciona una metodología para el descubrimiento, colección y documentación de procesos de negocio de alto nivel no ejecutables.
- **Diagramas de Actividad UML 2.0** (OMG 2003). El origen de los diagramas de actividad radica en el desarrollo del software, sin embargo en la versión 2.0 de UML se diseñaron para modelar procesos de negocios y flujos en sistemas software.
- **Event Driven Process Chain (EPC)** (der Aalst 1999). Desarrollado para el modelado de procesos de negocio con el objetivo de ser fácilmente entendido y usado por profesionales

# I: Estado del arte

de negocios. Los elementos básicos de EPC son las funciones para modelar las actividades de un proceso de negocio y los eventos creados para procesar funciones o para actores externos al proceso.

- **Business Process Modeling Notation (BPMN)** (OMG 2011). Es la primera notación gráfica específica para procesos de negocio basada en estándares, que permite a los analistas de negocios, diseñadores de procesos e ingenieros de software diseñar gráficamente procesos de negocio de principio a fin, con la característica de que pueden ser automáticamente traducidos en procesos totalmente ejecutables usando el lenguaje BPEL.

Para el desarrollo de este trabajo se ha elegido la notación estándar BPMN para la definición de métricas sobre modelos conceptuales de procesos de negocio, es la más ampliamente aceptada en el mundo de negocio. Ampliando acerca de la misma puede decirse que es un estándar para el modelado de procesos de negocios y servicios Web, propuesto inicialmente por la BPMI, organización que actualmente trabaja de manera conjunta con la OMG en la promoción y desarrollo de estándares abiertos, completos y totalmente libres basados en XML, con el objetivo de proporcionar el soporte necesario al ciclo de vida de la gestión de procesos de negocio, desde su diseño, a través del desarrollo, ejecución, mantenimiento y optimización, creando un puente estandarizado para el vacío existente entre las fases de diseño del proceso de negocio y su implementación (Wedemeijer & de Bruin 2004). Es una notación gráfica que describe la lógica de los pasos de un proceso de negocio. Esta notación ha sido especialmente diseñada para coordinar la secuencia de los procesos y los mensajes que fluyen entre los participantes de las diferentes actividades (White 2014).

Los principales objetivos de BPMN son:

- Proporcionar una notación fácilmente entendible por todos los usuarios de negocios, desde los analistas que crean el bosquejo inicial del proceso, hasta los desarrolladores responsables de implementar la tecnología que ejecutará el proceso y las personas que van a dirigir y controlar dicho proceso, proporcionando soporte a la gestión de procesos de negocio y a la habilidad de modelar procesos de negocio complejos.

# I: Estado del arte

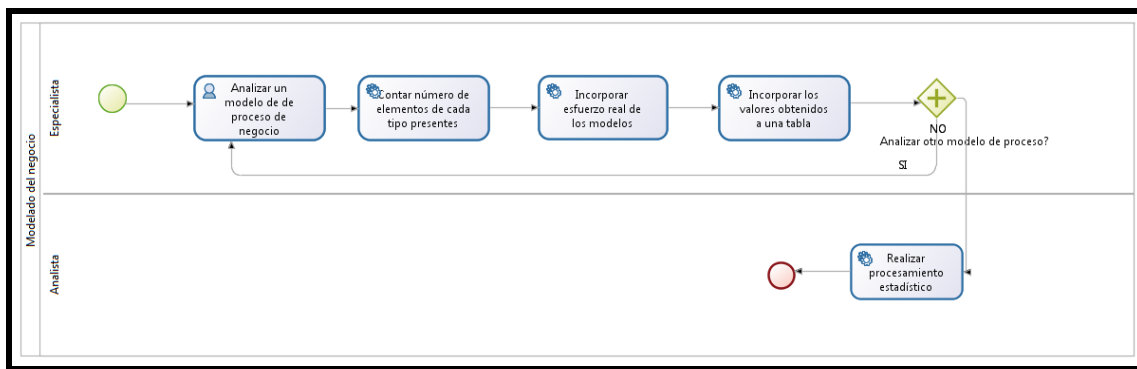
- Asegurar que los lenguajes XML diseñados para la ejecución de procesos de negocio como BPEL4WS y BPML puedan ser visualizados con una notación común orientada a negocios. Por tanto, el interés de este estándar radica en proporcionar a los negocios la capacidad de definir y entender sus procedimientos tanto internos como externos, a través de un diagrama de procesos dando la habilidad para comunicar estos procesos en una manera estándar. Sin embargo, el alcance de BPMN está restringido a dar soporte solo a los conceptos de modelado que son aplicables a procesos de negocio, lo cual significa que otros tipos de modelado hechos por las organizaciones para propósitos de negocios tales como la estructura y recurso organizacional, fallas funcionales, modelos de datos e información, estrategia y reglas de negocio, quedan fuera del alcance de este estándar (OMG 2011).

BPMN incluye como principales características:

- Facilita el diseño de procesos de alto nivel, así como procesos complejos con múltiples niveles de detalle.
- Proporciona la noción de conceptos de datos para modelar documentos, datos y otros objetos que son usados y actualizados durante un flujo de procesos.
- Proporciona una notación de modelado que enlaza la definición del negocio al mapa de la ejecución del proceso.
- Es extensible y permite usar asociaciones y anotaciones para interrelacionar con otros artefactos dentro o fuera del sistema.
- Permite el modelado de B2B y B2C mediante notaciones especiales que han ido agregadas a los diagramas para representar eventos basados en mensajes y mensajes transcurriendo entre organizaciones.
- Modela servicios Web haciendo el trabajo de los mismos en un proceso de cuatro etapas: diseño, simulación, publicación y orquestación.
- Define un Diagrama de Procesos de Negocio (BPD por sus siglas en inglés) que está basado en una técnica de diagrama de flujo adaptada para la creación de modelos gráficos de operaciones de procesos de negocio.

# I: Estado del arte

Después de puntualizar los objetivos específicos así como las principales características de BPMN se muestra en la **Figura 1** un ejemplo de modelado de un proceso de negocio utilizando dicha notación. Obsérvese el conjunto de elementos gráficos que permiten representar el proceso de negocio (evento de inicio, actividades, flujos de secuencia, compuertas (nodos decisión/unión) y evento fin, haciendo fácil el entendimiento del mismo, tanto para usuarios del negocio como para desarrolladores. Más información acerca de la notación BPMN puede encontrarse (OMG 2011).



**Figura 1: Ejemplo de proceso de negocio con la notación BPMN**

## 1.1.2 Herramientas para el modelado de procesos de negocio

En la actualidad existen diversas herramientas que son utilizadas para el modelado de procesos de negocio. Algunas como Visual Paradigm, soportan el estándar UML 2.0, otras como BPWin o Design IDEF permiten modelar utilizando la notación IDEF. También la notación BPMN es incorporada a múltiples herramientas de modelado. En este caso se profundizará sobre las herramientas BizAgi y BonitaSoft, herramientas líderes en el modelado de procesos de negocio en versiones propietario y libre respectivamente.

BizAgi es una herramienta sumamente utilizada que sirve para mapear procesos en primera instancia, fue diseñada para mapear los procesos de instituciones financieras (Hernández 2011).

# I: Estado del arte

## **Principales características:**

- Enfocada para mapear procesos de negocio por personas que no sean expertas en la tecnología.
- Cada caso puede tener un semáforo de notificaciones.
- Permite exportar a un formato interpretable.
- Sus modelos pueden ser utilizados como punto de partida.
- Capaz de representar más de 40 patrones de workflow de procesos de negocio con una gran variedad de símbolos para la representación del lenguaje natural.

## **Funcionalidades de BizAgi**

En BizAgi se puede establecer la estructura jerárquica de la empresa, se pueden dar de alta las áreas, la ubicación geográfica, la posición dentro del organigrama y los roles que desempeña una persona en la organización (cada usuario puede tener una o más posiciones). Además cada usuario puede tener habilidades o privilegios, un usuario puede tener propiedades y horarios (permisos para ejecutar una acción en determinadas horas del día). Es muy amigable para crear cualquiera de las entidades o propiedades que se deseen.

Por su parte BonitaSoft es una empresa dedicada a brindar soluciones de gestión de procesos de negocio en software libre, fue fundada en el 2009. Con ella se pueden modelar procesos de negocio complejos conforme a la especificación BPMN 2.0, la integración de los procesos con reglas de negocio, una personalización a medida de las aplicaciones BPM así como la importación de procesos existentes en los formatos BPMN 2.0, XPDL y JPDLL para facilitar la migración de procesos desde otras soluciones de BPM como Tibco, Lombardi / IBM, Oracle, SoftwareAG, RedHat / JBoss o Mega. La interoperabilidad con otras plataformas y sistemas también forma parte de las nuevas funcionalidades (BonitaSoft 2011).

## **Dentro de sus principales características se encuentran:**

- Open Source y ligera.
- Compatibilidad con BPMN 2.0.

# I: Estado del arte

- Interfaz intuitiva y potente herramienta.
- Personalización de las herramientas.
- Integración de los procesos con reglas de negocio.
- Fácil importación de procesos desde otras herramientas.
- Conectores nativos (+ de 100): SAP, Microsoft Exchange, entre otros.
- Conectores propios (realizados por la comunidad de BonitaSoft).

## **Funcionalidades de Bonita Open Solution**

La automatización de procesos de negocio con tecnologías BPM, está creciendo de manera acelerada, las empresas invierten en estas tecnologías pero sin un adecuado proceso metódico a corto o mediano plazo significara un gasto para las empresas y no la ganancia esperada. Por esta razón desde que es seleccionada una herramienta BPMS se debe ser metódico para no volver a cometer los errores del pasado cuando los sistemas que se desarrollaban no seguían un método, ni técnicas de análisis y diseño. Bonita Open Solution como herramienta BPMS suministra varias funcionalidades para cada etapa de desarrollo de un proyecto según BonitaSoft, estas funcionalidades permiten modelar, desarrollar, ejecutar y controlar los procesos de negocio (BonitaSoft 2011).

En la **Tabla 1** se muestra un resumen de las características de ambas herramientas atendiendo a diversos aspectos.

# I: Estado del arte

Aspectos	BonitaSoft	BizAgi
<b>Servidores</b>	Contenedor de Servlets (JBoss, Tomcat, etc.)	Versión .NET - IIS (Microsoft Internet Information Services) Versión J2EE - Weblogic / Websphere / JBoss
<b>Entorno de desarrollo</b>	Propio basado en Eclipse (Multiplataforma, Java)	Propio (Multiplataforma, Java, .NET)
<b>Bases de datos</b>	Hsql, PostgreSQL, MySQL, Oracle, SQL Server	SQL Server, Oracle
<b>Formatos</b>	XPDL, BPMN 2.0, JBPM 3.2, (BPM Bonita)	XPDL, Visio, (BPM BizAgi)
<b>Validaciones</b>	Si	Si
<b>BPMN 2.0</b>	Si	Si

**Tabla 1: Datos comparativos entre el software BonitaSoft y BizAgi.**

Tanto BizAgi como BonitaSoft son de gran utilidad para el desarrollo de la investigación, debido a los formatos que exporta cada software. En el caso de BizAgi se explorará el formato XPDL, mientras que en BonitaSoft se analizará el BPMN 2.0. Estos formatos tienen su propia estructura, la cual se observa en la **Figura 2**, teniendo en cuenta para este ejemplo el modelo de proceso de negocio mostrado en la **Figura 1**.



Formato BPMN	Formato XPDL
<pre>&lt;model:laneSet id&gt;   &lt;model:lane id=" "     name="Especialista"&gt;     &lt;model:lane id=""       name="Analista"&gt;   &lt;/model:laneSet&gt; &lt;model:userTask /&gt; &lt;model:startEvent /&gt; &lt;model:serviceTask /&gt; &lt;model:serviceTask /&gt; &lt;model:serviceTask /&gt; &lt;model:parallelGateway &gt; &lt;model:serviceTask /&gt; &lt;model:endEvent /&gt; &lt;model:sequenceFlow /&gt;</pre>	<pre>&lt;Pools&gt;   &lt;Pool id&gt;     &lt;Lanes&gt;       &lt; lane id = Especialista/&gt;       &lt; lane id = Analista/&gt;     &lt;/Lanes&gt;   &lt;/Pools&gt; &lt;Workflowprocess&gt;   &lt;Activities&gt;     &lt;Activity&gt;       &lt;Event&gt;         Inicio, tareas,route, fin..       &lt;/Event&gt;     &lt;/Activity&gt;   &lt;Avtivities&gt; &lt;/Workflowprocess&gt;</pre>

Figura 2: Formatos de salida BPMN y XPDL

## 1.3 Antecedentes de la investigación

En un estudio anterior a esta investigación realizado por (O'Farrill 2012), a partir del empleo de técnicas estadísticas se obtienen tres criterios para clasificar el nivel de complejidad de los procesos de negocio: Baja, Media, Alta. En este estudio se trabajó con 6 métricas básicas: Número de tareas (NT), Número de sujetos (NS), Número de entidades diferentes (NE), Número máximo de dependencias por tareas (NMD), Número de fronteras del negocio (NFN), Número de mecanismos de control (NMC).

Es importante destacar que a pesar de la utilidad que brindan estos criterios, a su vez carecen de un alto grado de exactitud debido a que una vez que se obtenga que un modelo de proceso de negocio posee complejidad Alta, esto no brinda el tiempo, esfuerzo y costo que va a tener la automatización de dicho proceso.

# I: Estado del arte

Otro estudio relacionado es el que aparece en (Bandomo 2014), donde se realiza un análisis similar al anterior, en este caso utilizando técnicas de inteligencia artificial con el apoyo de la herramienta Weka, cuyo resultado obtenía un modelo para clasificar los Modelos de Proceso de Negocio (en lo adelante MPN) de acuerdo a las mismas categorías definidas por (O'Farrill 2012).

El modelo de clasificación obtenido en (Bandomo 2014) fue posteriormente implementado en (Esquivel 2014) en la herramienta INTERVAR, la que se encarga de clasificar los MPN a partir de los valores de las métricas identificadas en los estudios anteriores, de un conjunto de modelos de procesos de negocio. Aquí se utilizaron los archivos XPDL generados por la herramienta BizAgi. INTERVAR es un software cerrado que sólo brinda la posibilidad de interpretar un tipo de archivo, lo cual constituye un inconveniente, por la diversidad de herramientas para el modelado de procesos de negocio que existen en la actualidad, para especialistas que no utilicen BizAgi para la modelación.

El presente estudio se enfoca en el desarrollo de una herramienta que además de estimar el esfuerzo (horas/hombre) que requiere la informatización de un proceso de negocio, de utilidad para los jefes de proyectos de desarrollo de software, permita procesar archivos con diversos formatos en dependencia de la herramienta utilizada en el modelado.

## 1.4 Tecnología utilizada en el desarrollo de la herramienta

En el desarrollo de una solución informática intervienen múltiples tecnologías. Para la aplicación de escritorio IEEMPON se emplearon:

VisualParadigm 6.4: para el modelado del sistema, debido a que es concebida para soportar el ciclo de vida completo del proceso de desarrollo del software a través de la representación de todo tipo de diagramas. Es caracterizada por varios aspectos entre los cuales se están: disponibilidad en múltiples plataformas (Windows, Linux), diseño centrado en casos de uso y enfocado al negocio lo cual generan un software de mayor calidad, uso de un lenguaje estándar común a todo el equipo de desarrollo que facilita la comunicación y capacidades de ingeniería directa e inversa. (Pressman 2002)

Entorno de desarrollo NetBeans IDE 8.0: entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java. La plataforma NetBeans permite

# I: Estado del arte

que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes de software llamados módulos. Debido a que los módulos pueden ser desarrollados independientemente, las aplicaciones basadas en la plataforma NetBeans pueden ser extendidas fácilmente por otros desarrolladores de software (Domínguez-Dorado 2005). A este entorno se le importaron unas series de bibliotecas como por ejemplo: jdom para leer archivos XML, y jxl utilizada para exportar los datos almacenados en forma de reportes utilizando el Excel.

PostgreSQL 8.4: sistema de gestión de bases de datos relacional orientado a objetos y libre, de código abierto más potente del mercado, utiliza un modelo cliente/servidor y usa multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema. Entre sus características que lo postulan como uno de los sistemas de gestión de bases de datos más potentes y robustos del mercado está el hecho de que “...funciona muy bien con grandes cantidades de datos y una alta concurrencia de usuarios accediendo a la vez al sistema” (Martínez 2010).

SPSS v19: herramienta estadística para el procesamiento de los datos, que brinda la facilidad de realizar todo tipo de pruebas estadísticas, tales como la correlación bivariada y la regresión lineal múltiple (Pardo 2002).

## Conclusiones del capítulo

El estudio de los procesos de negocio como etapa inicial de cualquier proyecto de software, brinda información significativa para la predicción del esfuerzo de automatización de los mismos. Esta información puede ser obtenida a partir de la utilización de un estándar para el modelado y de los archivos de salida que brindan las herramientas que permiten este modelado.



## II.MODELO DE PREDICCIÓN DEL ESFUERZO

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

En el presente capítulo se enfatiza en el estudio de métricas, existentes en la literatura, relativas a los modelos de procesos de negocio. Se realiza la recopilación de 80 modelos de procesos de negocio con el fin de extraer los valores asociados a dichas métricas y proceder a la aplicación de técnicas estadísticas para lograr un modelo de predicción del esfuerzo.

### 2.1 Selección de métricas

Los conceptos métrica y medida, están estrechamente relacionados. Las medidas son valores o condiciones obtenidos a partir del conteo realizado de forma directa sobre aspectos que se desean medir. Las métricas por su parte, según Pressman, constituyen la relación entre una o varias medidas.

En el caso de la presente investigación y dado que en la actualidad estos conceptos aparecen de forma muy relacionada se tratarán dos tipos de métricas, las métricas base<sup>1</sup>, aquellas obtenidas del conteo directo de elementos del modelo de procesos de negocio, lo que en determinada literatura se catalogaría como medidas y las métricas derivadas<sup>2</sup>, aquellas que relacionan varias métricas base a través de operadores suma, resta, multiplicación y división, aspecto que respalda el concepto de métrica.

En la literatura existe una gran cantidad de métricas de software que se usan de forma frecuente para dar una indicación cuantitativa de la complejidad de un programa. Sin embargo, no se debe confundir con la complejidad computacional (notación  $O(n)$ ) cuyo objetivo es comparar el desempeño de los algoritmos. Las métricas de software son útiles por ejemplo, cuando se trata de reducir los costos de mantenimiento de software al asignar un valor numérico que refleja la facilidad o dificultad con la cual un módulo de un programa puede ser entendido. Existen cientos de medidas de complejidad de software que han sido publicadas por varios investigadores, por ejemplo, la básica es la cantidad de líneas de código (lines of code, LOC), que simplemente cuenta las líneas de código ejecutable, declaraciones de datos, comentarios, etc. Aunque esta medida es extremadamente simple, se ha demostrado que resulta muy útil y se correlaciona con el

---

<sup>1</sup> Este concepto ha sido tomado de la tesis doctoral de Elvira Rolón 2009. Medidas para Asegurar la Calidad de los Modelos de Proceso de Negocio.

<sup>2</sup> Este concepto ha sido tomado de la tesis doctoral de Elvira Rolón 2009. Medidas para Asegurar la Calidad de los Modelos de Proceso de Negocio.

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

número de errores en los programas (Cardoso et al. 2006). Otras como la complejidad ciclomática (McCabe & Bulter 1976; McCabe & Bulter 1989) y la métrica del flujo de información (Henry, Kafura, 1981) son utilizadas. Sin embargo, algunos autores (Nagappan et al. 2006) consideran, que no existe un conjunto único de métricas de complejidad que pueda actuar como el mejor predictor universal para los programas de software.

La idea de medir también ha inspirado a los investigadores en la temática de BPM que han propuesto diferentes métricas para analizar los procesos de negocio. Una característica que se destaca en la mayoría de las propuestas, es la evaluación de la complejidad como un aspecto clave para obtener modelos de calidad, más fáciles de entender y de mantener en un futuro. La complejidad como la define (Cardoso et al. 2006) es el grado con el cual un proceso de negocio es difícil de analizar, entender o explicar. De ahí el creciente interés en evaluar la complejidad de los procesos de negocio.

Diversas propuestas iniciales de métricas de complejidad para modelos de proceso de negocio han sido recopiladas y analizadas por algunos autores. Uno de estos estudios es el presentado en el reporte técnico realizado por (Rolon 2009), donde se presenta una recopilación de métricas para la complejidad de los procesos de negocio con la finalidad de encontrar una métricas de complejidad estructural que cumpla los siguientes criterios: validez, confiabilidad, computabilidad, facilidad de implementación, intuitividad, independencia de otras métricas relacionas, habilidad para medir la complejidad de procesos reiterativos, modularidad, aditividad e independencia del nivel de detalle en el modelado.

También en (Cardoso 2007; Cardoso et al. 2006) se hace referencia a métricas de complejidad que involucra el comportamiento de los flujos de control de un proceso de negocio.

Un resumen de las métricas recopiladas en los artículos anteriores, conduce a presentar en las **Tablas 2 y 3**, las métricas que se van a considerar en esta investigación. Para facilitar el entendimiento de las mismas algunas han cambiado su denominación, sin modificar su semántica.

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

Es importante destacar que cada una de las métricas propuestas presenta un alto grado de utilidad para el estudio que se desea desarrollar. A través de las métricas mostradas en las **Tablas 2 y 3** se analiza el impacto de éstas en la obtención del modelo para estimar el esfuerzo que requiere la automatización de los procesos de negocio.

Siglas	Significado	Descripción
<b>NTEI</b>	Número Total de Eventos de Inicio	Contar número de eventos inicio
<b>NTEIn</b>	Número Total de Eventos Intermedios	Contar número de eventos Intermedios
<b>NTEF</b>	Número Total de Eventos Fin	Contar número de eventos Fin
<b>NTT</b>	Número Total de Tareas	Contar número de tareas
<b>NTS</b>	Número Total de Subprocesos	Contar número de subprocessos
<b>NTCO</b>	Número total de nodos decisión/unión	Contar número de nodos
<b>NTOD</b>	Número total de objetos de datos en el modelo	Contar número de objetos
<b>NTFSA</b>	Número total de flujos de secuencia entre actividades	Contar número de conectores desde y hacia una actividad
<b>NTFSN</b>	Número total de flujos de secuencia procedentes de un nodo	Contar número de conectores que parten de un nodo
<b>NTC</b>	Número total de carriles en el proceso	Contar número de carriles

**Tabla 2: Métricas base**

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

Siglas	Significado	Descripción
<b>NTE</b>	Número Total de Eventos	$NTE = NTEI + NTEIn + NTEF$
<b>NTA</b>	Total de Tareas y subprocesos	$NTA = NTT + NTS$
<b>NCA</b>	Nivel de conectividad entre actividades	$NCA = NTA/NTFSA$
<b>CCOM</b>	Coficiente de complejidad	$CCOM = NTFS/(NTA+NTCO)$
<b>CCON</b>	Coficiente de conectividad	$CCON = NTFS/NTCO$
<b>NTFS</b>	Número total de flujos de secuencia	$NTFS = NTFSA/NTFSN$

**Tabla 3: Métricas derivadas**

### 2.2 Base de casos

La base de casos de modelos de procesos de negocio fue obtenida de los trabajos de diploma presentados desde el curso 2011-2012 hasta el curso 2013-2014 teniendo un total de 80 modelos, los cuales se dividieron de la siguiente forma:

Curso	Trabajos de Diplomas	Cantidad de MPN
<b>2011-2012</b>	31	48
<b>2012-2013</b>	27	19
<b>2013-2014</b>	15	13

**Tabla 4: Recopilación de datos**

Una vez conformada la base de casos con el conjunto de modelos de procesos de negocio recopilados, se procede a extraer manualmente, de cada uno de ellos, los valores relativos a las métricas identificadas en las **Tablas 2 y 3**. En la **Figura 3** se muestra un fragmento de la base de casos conformada en el SPSS:



## II: Modelo de predicción del esfuerzo

	NombreProceso	NTEI	NTEIn	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTCO	CCOM	CCON	NTOD	NTFSA	NTFSN	NTFS	NTC	Esfuerzo
1	AccederEstadistica_Elisa_12-13-1.0	1	0	1	2	3	0	3	1,5	0	,6	,0	0	2	0	2	1	7
2	AdicionarSolicitud_Félix_11-12-1.0	1	0	1	2	13	1	14	2,8	4	,8	3,5	0	5	9	14	2	25
3	AdministrarEstadistica_Elisa_12-13-1.0	1	0	1	2	8	0	8	2,0	2	,8	4,0	0	4	4	8	1	14
4	AprobarSolicitudEntrenador_Airina_13-1...	1	0	1	2	3	0	3	1,5	0	,6	,0	0	2	0	2	2	7
5	AtenderPaciente_Liz_11-12-1.0	1	0	1	2	6	0	6	1,5	1	,9	6,0	0	4	2	6	2	13
6	AutenticarUsuario_Adrian11-12	1	0	1	2	5	0	5	2,5	2	,9	3,0	0	2	4	6	2	10
7	BuscarPorCategoria_Ernesto_12-13-1.0	1	0	1	2	5	0	5	1,3	0	,8	,0	0	4	0	4	2	8
8	CancelarProcesoReemplazo_Ariel_11-12...	1	0	1	2	5	0	5	1,7	1	,8	5,0	0	3	2	5	2	10
9	ComentarTema_Greisy_11-12-1.0	1	0	1	2	5	0	5	2,5	2	,9	3,0	0	2	4	6	1	10
10	ConexiónPerdida_Ariel_11-12-1.0	1	0	1	2	6	0	6	1,5	1	,9	6,0	0	4	2	6	2	12
11	ConsultarColección_Yealeny_11-12-1.0	1	0	1	2	6	0	6	1,2	0	,8	,0	0	5	0	5	2	11
12	ConsultarContenido_Aniel_11-12-1.0	1	0	1	2	4	0	4	,0	3	,9	2,0	0	0	6	6	1	10
13	ConsultarDocumentos_Yaniel_11-12-1.0	1	0	1	2	5	0	5	5,0	3	,9	2,3	0	1	6	7	2	10
14	ConsultarMateriales_Adrian11-12-1.0	1	0	1	2	5	0	5	2,5	3	1,0	2,5	0	2	6	8	2	12
15	ConsultarMateriales_Rachel_12-13-1.0	1	0	1	2	3	0	3	,0	2	,8	2,0	0	0	4	4	2	7
16	ConsultarPaciente_Gretel_12-13-1.0	1	0	1	2	7	0	7	1,4	1	,9	7,0	0	5	2	7	1	12
17	Cotización de planes turísticos_BPMN2...	1	1	1	3	7	1	8	8,0	3	,6	2,3	0	1	6	7	2	15
18	CrearColección_Yaniel_11-12-1.0	1	0	1	2	17	0	17	1,1	0	,9	,0	0	16	0	16	1	35
19	CrearNuevaColección_Yealeny_11-12-1.0	1	0	1	2	7	0	7	1,8	2	,9	4,0	0	4	4	8	2	12
20	DescargarArticulo_CarlosRivas_11-12-1.0	1	0	1	2	3	0	3	,0	2	,8	2,0	0	0	4	4	1	10

**Figura 3: Fragmento de la base de casos conformada.**

### 2.3 Procesamiento de datos

Para llevar a cabo el procesamiento de los datos recopilados y poder analizar la influencia de las métricas con respecto al esfuerzo (tiempo en horas/hombre), a fin de obtener el modelo de estimación deseado se analizaron dos variantes.

#### **Variante 1: Correlación bivariada-Regresión**

- 1- Realizar una prueba de correlación bivariada entre las métricas para determinar aquellas que influyen con más significación respecto a la variable dependiente Esfuerzo
- 2- Aplicar el test de regresión sobre las métricas obtenidas para obtener la ecuación de predicción del esfuerzo.

#### **Variante 2: Regresión**

- 1- Aplicar el test de regresión sobre todas las métricas propuestas en las **Tabla 2 y 3**, para poder obtener la ecuación de predicción del esfuerzo.

Para la realización de cada una de las variantes propuestas es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos estadísticos de correlación bivariada y regresión.

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

**Correlación bivariada:** El concepto de relación o correlación entre dos variables se refiere al grado de parecido o variación conjunta existente entre las mismas. Este procedimiento ofrece tres tipos de coeficientes: rxy de Pearson, tau-b de Kendall y rho de Spearman (Ximénez 2011).

**Regresión:** técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre las variables, la cual se adapta a una amplia variedad de situaciones. Tanto en el caso de dos variables (regresión simple) como en el de más de dos variables (regresión múltiple), el análisis de regresión lineal puede utilizarse para explorar y cuantificar la relación entre una variable llamada dependiente o criterio (Y) y una o más variables llamadas independientes o predictoras (X1, X2,..., Xk), así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos (Ximénez 2011).

### 2.3.1 Variante 1: Correlación bivariada-Regresión

Para esta variante el primer paso es aplicar el test de correlación bivariada, donde el coeficiente de correlación que se utiliza es el de Tau-b de Kendall, ya que es una medida no paramétrica de asociación para variables ordinales o de rangos. El signo del coeficiente indica la dirección de la relación y su valor absoluto indica la magnitud de la misma, de tal modo que los mayores valores absolutos indican relaciones más fuertes.

Su aplicación proporcionó la siguiente tabla de resultados:

Correlaciones																
Esfuerzo	NTEI	NTEIn	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTCO	CCOM	CCON	NTOD	NTFSA	NTFSN	NTFS	NTC
1,000	.	-,096	,308**	,152	,777**	,163	,780**	-,044	,226**	,388**	,292**	.	,501**	,304**	,808**	-,051
.	.	,312	,001	,109	,000	,091	,000	,591	,010	,000	,000	.	,000	,000	,000	,589
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

**Tabla 5: Resultados de la prueba de Correlación bivariada**

Para una interpretación de esta prueba se toman las variables que más influyen con respecto al esfuerzo, las cuales están marcadas con un asterisco, los coeficientes de correlación significativos al nivel 0,05 y, con dos asteriscos, los significativos al nivel 0,01. Las variables a tener en cuenta son las de significación 0,01.

Por tanto las variables son: NTEF, NTT, NTA, NTCO, CCOM, CCON, NTFSA, NTFSN, NTFS, las cuales fueron introducidas en el test de regresión.

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

En este caso se utilizó la prueba de regresión múltiple, tomando como variable dependiente el Esfuerzo y como variables independientes aquellas que resultaron significativas luego de aplicada la correlación. Los resultados se muestran en las **Tablas 6 y 7**.

La **Tabla 6**, se obtiene de aplicar la técnica estadística de regresión, donde el método selecciona aquellas variables que más influyen con respecto al esfuerzo y en el orden que influyen.

Variables introducidas/eliminadas <sup>a</sup>			
Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	NTA	.	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar ≤ ,050, Prob. de F para salir ≥ ,100).
2	NTCO	.	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar ≤ ,050, Prob. de F para salir ≥ ,100).

a. Variable dependiente: Esfuerzo

**Tabla 6: Variables introducidas en el test de regresión**

Como resultado de esta tabla se observa que las métricas más influyentes con respecto al esfuerzo son NTA y NTCO. Estas métricas son las tenidas en cuenta para la construcción de la ecuación lineal con fines predictivos.

Coeficientes <sup>a</sup>					
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	Sig.
		B	Error típ.	Beta	
1	(Constante)	2,458	,364		,000
	NTA	1,589	,043	,973	,000
2	(Constante)	1,393	,384		,001
	NTA	1,581	,037	,968	,000
	NTCO	,705	,142	,114	,000

a. Variable dependiente: Esfuerzo

**Tabla 7: Resultados de la regresión para conformar la ecuación predictiva.**

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

En la columna encabezada por los **Coefficientes no estandarizados** se encuentran los coeficientes que forman parte de la ecuación:

$$\text{Esfuerzo} = 1,393 + 1,581(\text{NTA}) + 0,705(\text{NTCO})$$

Estos coeficientes se interpretan en los siguientes términos. Por ejemplo, el coeficiente correspondiente a la variable NTA (1,581) indica que, si la otra variable correspondiente con la ecuación se mantiene constante, a un aumento de una unidad (una actividad) en NTA le corresponde, en promedio, un aumento de 1,581 (horas/hombre).

Es importante señalar que estos coeficientes no son independientes entre sí, ya que el valor concreto estimado para cada coeficiente se ajusta teniendo en cuenta la presencia del resto de variables independientes.

El signo de coeficiente parcial de una variable puede no ser el mismo que el del coeficiente de correlación simple entre esa variable y la dependiente. Esto es debido a los ajustes que se llevan a cabo para poder obtener la mejor ecuación posible.

Estos coeficientes proporcionan una pista útil sobre la importancia relativa de cada variable independiente de la ecuación de regresión, por lo que una variable tiene más importancia en dicha ecuación cuanto mayor es su coeficiente de regresión estandarizado, siendo en este caso la variable de más peso NTA y luego NTCO.

### 2.3.2 Variante 2: Regresión

Con los datos iniciales se realiza la prueba de regresión lineal, esta vez sin utilizar con anterioridad otro tipo de test, con el objetivo de poder encontrar la ecuación lineal con fines predictivos más abarcadora posible, para hallar una adecuada predicción.

En los resultados obtenidos del test de regresión lineal múltiple se muestran, en la **Tabla 8**, las métricas que más influyen con respecto al esfuerzo y en la **Tabla 9** los resultados de la regresión para conformar la ecuación lineal predictiva.

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

**Variables introducidas/eliminadas<sup>a</sup>**

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	NTA	.	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050, Prob. de F para salir >= ,100).
2	NTCO	.	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050, Prob. de F para salir >= ,100).
3	NCA	.	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050, Prob. de F para salir >= ,100).

a. Variable dependiente: Esfuerzo

**Tabla 8: Variables obtenidas**

**Coefficientes<sup>a</sup>**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error tip.	Beta		
1 (Constante)	2,458	,364		6,744	,000
NTA	1,589	,043	,973	37,217	,000
2 (Constante)	1,393	,384		3,627	,001
NTA	1,581	,037	,968	42,278	,000
NTCO	,705	,142	,114	4,977	,000
3 (Constante)	1,752	,410		4,273	,000
NTA	1,577	,037	,966	43,112	,000
NTCO	,825	,149	,133	5,537	,000
NCA	-,297	,137	-,052	-2,169	,033

a. Variable dependiente: Esfuerzo

**Tabla 9: Resultados de la regresión para conformar la ecuación predictiva**

Para esta caso la ecuación que se obtuvo a través del procesamiento fue:

$$\text{Esfuerzo} = 1,752 + 1,577(\text{NTA}) + 0,825(\text{NTCO}) - 0,297(\text{NCA})$$

Luego de obtener las ecuaciones correspondientes, a cada variante se le realizan varias pruebas para poder comparar los resultados, con el propósito de seleccionar la mejor ecuación de estimación del esfuerzo.

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

### 2.3.3 Resultados y comparación

En la **Tabla 10** se comparan los resultados de ambos métodos y se despliega una muestra de 25 casos. Se presenta el resultado del esfuerzo estimado por cada variante y los errores generados con respecto al esfuerzo real de cada uno de los modelos de procesos de negocio.

Modelos	Esf. real	Esf. estim. variant. 1	Esf. estim. variant. 2	Error mín. variant. 1	Error mín. variant. 2	Varia nte
AccederEstadística_Elisa	7	6.14	6.17	0.86	0.83	2
AdicionarSolicitud_Félix	25	26.35	26.54	1.35	1.54	1
AdministrarEstadística_Elisa	14	15.45	15.42	1.45	1.42	2
AprobarSolicitud_Airina	7	6.14	6.19	0.86	0.81	2
AtenderPaciente_Liz	13	11.58	11.74	1.42	1.26	2
ComentarTema_Greisy	10	10.71	10.69	0.71	0.69	2
ConexiónPerdida_Ariel	12	11.59	11.74	0.41	0.26	2
ConsultarColección_Yealynys	11	10.88	10.92	0.12	0.08	2
ConsultarContenido_Aniel	10	9.83	10.54	0.17	0.54	1
ConsultarDocumento_Yaniel	10	11.41	10.63	1.41	0.63	2
ConsultarMateriales_Adrinan	12	11.41	11.52	0.59	0.48	2
ConsultarMateriales_Rachel	7	7.55	8.13	0.55	1.13	1

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

ConsultarPaciente_Gretel	12	13.17	13.32	1.17	1.32	1
CotizaciónPlan_BPMN	15	14.56	13.19	0.44	1.81	1
CrearColección_Yaniel	35	28.27	28.26	6.73	6.74	1
AutenticarUsuario_Adrian	10	11.41	11.52	1.41	1.52	1
BuscarCategoría_Ernesto	8	9.30	9.34	1.30	1.34	1
CancelarProceso_Ariel	10	10.00	10.15	0.00	0.15	1
CrearNuevaColecc_Yeale nys	12	13.87	14.14	1.87	2.14	1
DescargarArtículo_Carlos Rivas	10	7.55	8.13	2.45	1.87	2
EditarPaciente_Liz	12	10.71	10.99	1.29	1.01	2
EliminarColección_Yeale ys	10	9.83	10.54	0.17	0.54	1
EliminarObsoleta_Yaniel	10	11.58	11.45	1.58	1.45	2
EliminarEjercicio_Elizabet h	15	14.75	14.90	0.25	0.10	2
EnviarArtículo_Carlos Rivas	12	9.13	9.12	2.87	2.88	1

**Tabla 10: Comparación de resultados utilizando las variantes obtenidas**

En el análisis de los resultados de cada una de las variantes se puede apreciar en la **Tabla 10**, que los resultados son similares en cada variante. En la implementación del software se tendrá en cuenta para el cálculo del esfuerzo la variante dos, que es la que se obtiene de la realización del test de regresión lineal, donde influyen con respecto al esfuerzo tres

## II: Modelo de predicción del esfuerzo

métricas reflejadas en la **Tabla 8**, obteniéndose la ecuación de predicción que se muestra en la **Tabla 9**.

### CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

El estudio de las métricas presentes en los modelos de procesos de negocio permitió realizar una selección de un conjunto de métricas que pueden influir en el modelo predictivo del esfuerzo de informatizar un proceso de negocio. Estas se resumen en las **Tablas 2 y 3**.

Del procesamiento realizado a la base de casos de modelos de procesos de negocio, y utilizando pruebas estadísticas tales como: Correlación Bivariada y Regresión lineal, se obtuvo el modelo de predicción que se implementará posteriormente en la herramienta IEEMPON y que aporta la variante dos donde se utiliza solamente la Regresión lineal.





### III.DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA IEEMPON

## III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMP

En el presente capítulo se exponen los requisitos funcionales y no funcionales del sistema y se detallan los actores y casos de uso que identifican las funcionalidades fundamentales del sistema. Se realiza además un estudio de la arquitectura a utilizar en la estructuración del sistema y se representan los diferentes diagramas que apoyan la solución propuesta así como su despliegue.

### 3.1 Modelo del negocio

Atendiendo a la situación actual de los investigadores que realizan estudios a partir de los datos recolectados de los modelos de procesos de negocio, se definen los casos de uso del negocio siguientes:

1. Extraer elementos de modelos de procesos de negocio.
  - Se basa esencialmente en el análisis de cada uno de los modelos y el conteo manual de los elementos significativos para el investigador presentes en este. A medida que mayor sea el volumen de modelos de procesos de negocio, mayor y más agotador será el trabajo a realizar.
2. Procesar datos coleccionados a partir de los modelos
  - Una vez conformado el conjunto de datos el investigador procede a procesarlos utilizando técnicas estadísticas o de cualquier otra índole, de forma tal que le brinde los resultados esperados, generalmente fórmulas que le permitan calcular en este caso, el esfuerzo requerido en la implementación de procesos de negocio.
3. Calcular el esfuerzo para cada modelo
  - Volver sobre cada uno de los modelos a fin de calcular el esfuerzo formulado con el objetivo de comprobar cuan certero resultó el procesamiento anterior.

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPVN

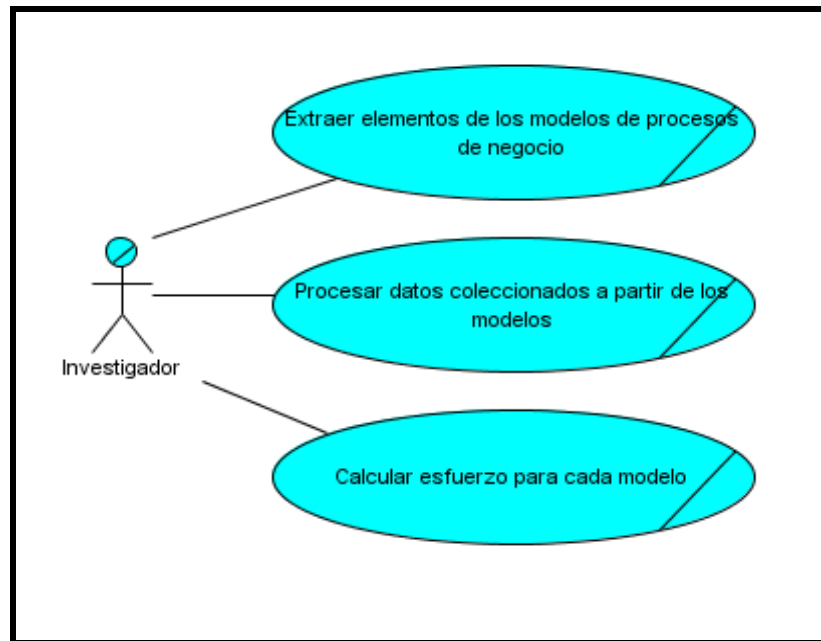


Figura 3: Casos de uso del negocio

#### 3.2 Definición de los requisitos funcionales y no funcionales del sistema

##### Requisitos funcionales

RF1: Cargar archivo Modelo de Proceso de Negocio.

RF2: Eliminar archivo Modelo de Proceso de Negocio.

RF3: Obtener datos de los modelos cargados.

RF4: Almacenar los datos de los modelos de proceso de negocio.

RF5: Cargar datos de los modelos de procesos de negocio.

RF6: Calcular el esfuerzo asociado a cada modelo de proceso de negocio.

RF7: Generar reporte de modelos almacenados.

RF8: Generar reporte personalizado con los modelos incorporados recientes al sistema.

##### Requisitos no funcionales

**Interfaz:** La interfaz debe ser sencilla y fácil de usar.

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMP

**Usabilidad:** La aplicación contará con una serie de botones con íconos que indicarán la acción correspondiente a este, facilitando al usuario la habilidad de interactuar con el software.

**Software:** Se hace necesario instalar el SGBD PostgreSQL y el JRE 1.7 o superior. Puede funcionar en sistemas operativos que tengan instalado una versión de JRE y PostgreSQL.

**Hardware (configuración mínima):** 128 megabytes de memoria RAM, 7 megabytes de espacio en disco, 1 megabyte de espacio en disco para el ejecutable de la instalación, 1 megabyte extra para guardar los archivos.

#### 3.3 Actores del sistema

Los actores son personas u otros sistemas que pueden interactuar directamente con el sistema a desarrollar y realizar alguna acción sobre este. El sistema propuesto tiene en cuenta sólo un actor el cual se muestra a continuación.

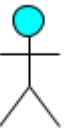
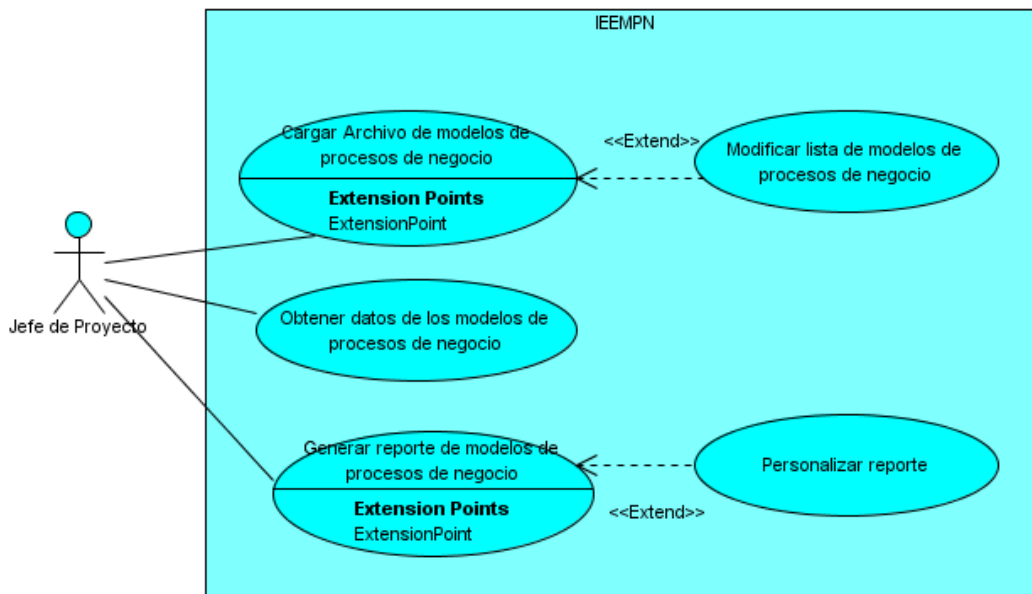
Actor	Descripción
 Jefe de proyecto	Persona en el rol de gestor que necesite calcular el esfuerzo a partir de los datos extraídos de un modelo de procesos de negocio para realizar la planificación del proyecto.

Tabla 11: Actor del sistema IEEMP

#### 3.4 Diagrama de Casos de Uso y Actores del Sistema

El diagrama de casos de uso muestra de forma gráfica todos los requisitos funcionales asociados a cada uno de los actores que pueden interactuar con el sistema. En la **Figura 4** se muestra una vista detallada de los casos de uso del sistema.

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPVN



**Figura 4: Casos de uso del sistema IEEMPVN**

Los casos de uso significativos del sistema (CUS), son Obtener datos de los modelos de procesos de negocio, debido a que en este debe realizarse el procesamiento de los datos y Cargar archivos de modelos de procesos de negocio ya que esta funcionalidad podrá incorporar al software IEEMPVN la interpretación de archivos con extensión tanto .xpdl como .bpmn.

La determinación de actores y casos de uso del sistema permite aplicar la técnica de Estimación Basada en Puntos de Casos de Uso, para determinar algunos parámetros relacionados con la planificación del software. Los cálculos que se derivan de la aplicación de esta técnica aparecen en el **Anexo 1**.

Como se puede apreciar, el tiempo estimado para desarrollar el software da como resultado 104.525 días aproximadamente, con la propuesta de dos personas para su realización, lo que representa un esfuerzo de 836.20 horas/hombre. El desarrollo del software constituye un ahorro de \$ 4013.76.

#### 3.5 Descripción de los casos de uso arquitectónicamente significativos

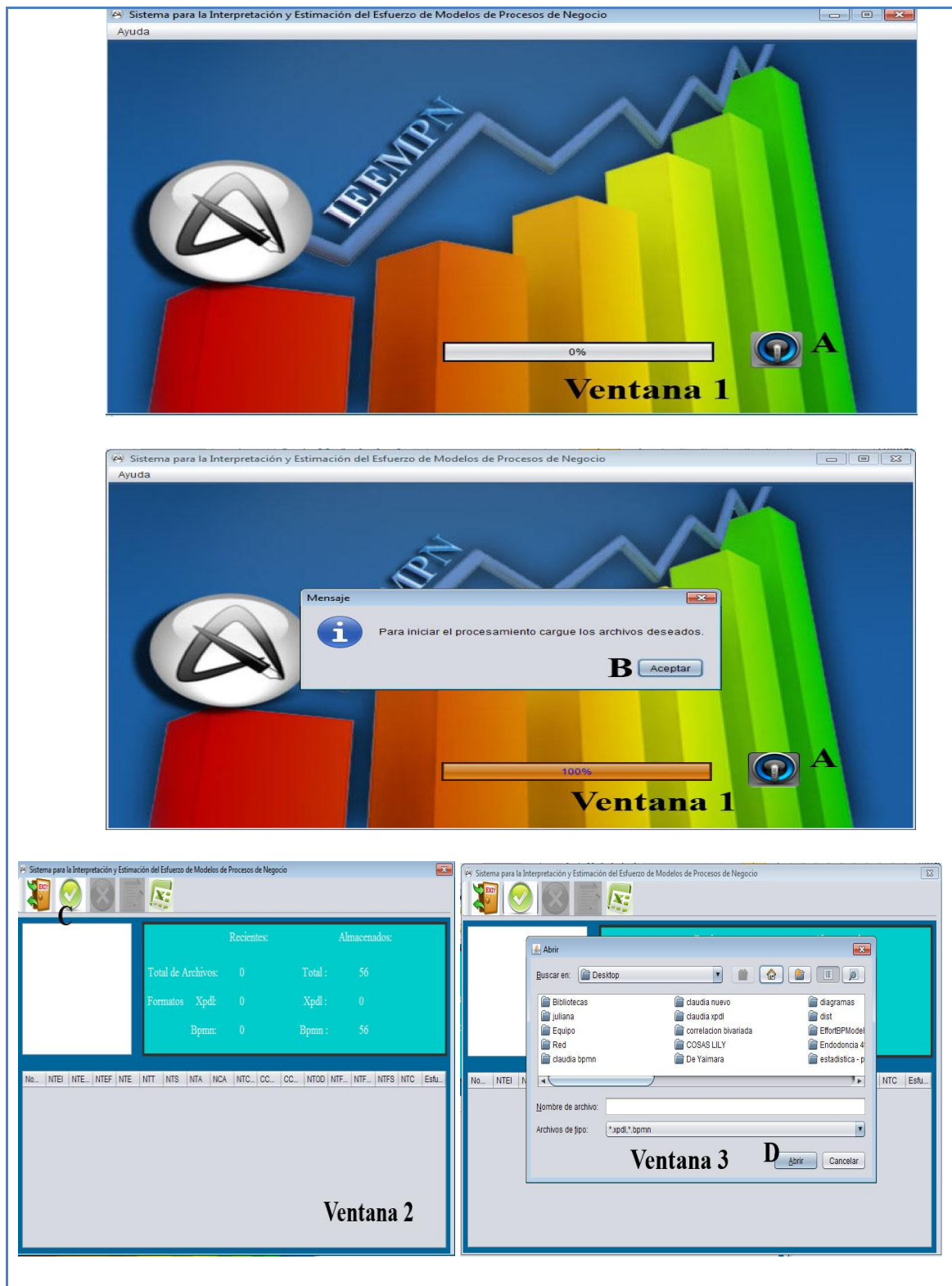
En este punto se hace una detallada descripción de los casos de uso del sistema más significativos, con el objetivo de entender el funcionamiento de cada una de las actividades

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPON

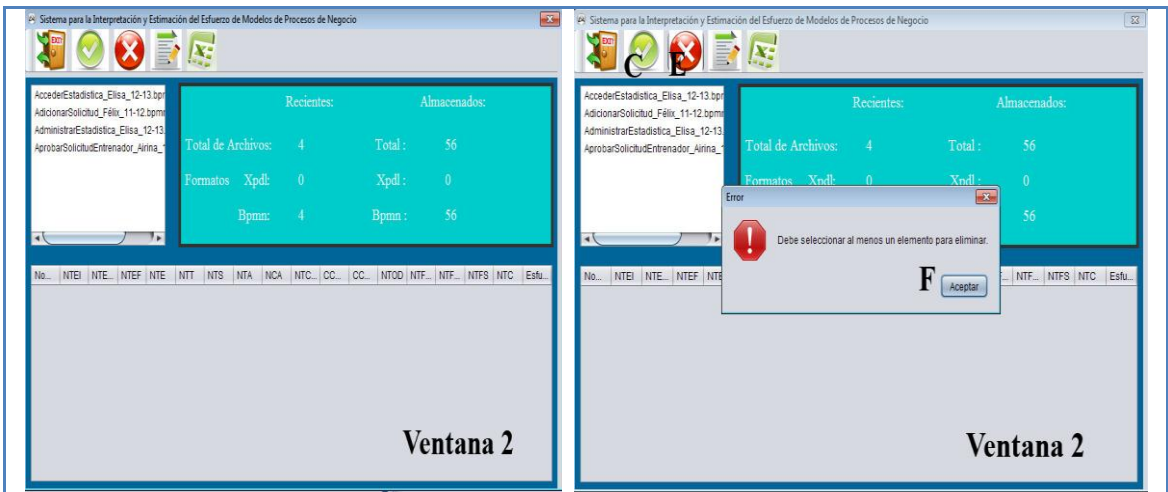
en el software. Se especificarán los siguientes casos de uso: Cargar archivo de los modelos de procesos de negocio, Obtener datos de los modelos de procesos de negocio y Generar reportes de los modelos.

<b>Caso de Uso del Sistema</b>	Cargar archivo de los modelos de procesos de negocio.
<b>Actores</b>	Jefe de proyecto
<b>Propósito</b>	Crear una lista que contenga tantos modelos de procesos de negocio como el actor desee y con los distintos tipos de formatos soportados, ya sean: xpdL o bpmn.
<b>Resumen</b>	El caso de uso del sistema se inicia cuando el Jefe de proyecto presiona el botón Iniciar Proceso, donde le sale un mensaje que debe seleccionar todos los modelos de proceso de negocio que desee antes de interpretar. El actor va adicionando estos archivos a la lista.
<b>Responsabilidades</b>	
<b>Casos de Uso Asociados</b>	Modificar lista de modelos de procesos de negocio.
<b>Requisitos especiales</b>	
<b>Precondiciones</b>	Se encuentra lista una conexión con el gestor de base de datos PostgreSQL.
<b>Descripción</b>	

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPON



### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMP



Flujo normal de eventos	
Acción del actor	Respuesta del sistema
<div>1. El actor presiona el botón A de la ventana 1.</div> <div>3. El actor presiona luego el botón B.</div> <div>5. El actor presiona el botón C, para adicionar los modelos.</div> <div>7. El actor presiona el botón D, de la ventana 3, introduciendo así en el sistema los distintos tipos de modelos con sus respectivos formatos soportados por el software.</div>	<div>2. El sistema muestra el mensaje de información.</div> <div>4. El sistema muestra la ventana 2, mostrándole al actor las funcionalidades necesarias para poder adicionar los archivos de modelos de proceso de negocio a la lista.</div> <div>6. El sistema muestra la ventana 3, ofreciéndole al actor poder buscar los modelos que desee.</div> <div>8. El sistema muestra en la ventana 2, una lista con todos los modelos insertados.</div>
Flujos alternos	



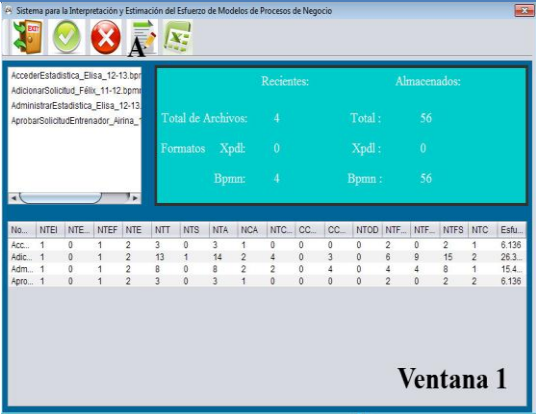
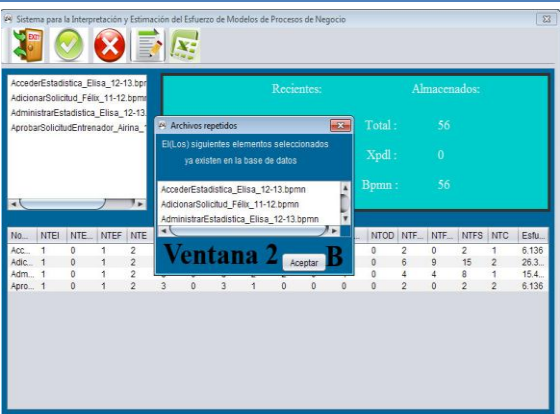
### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMP

<b>Caso de uso asociado</b>	<b>Modificar lista de modelos de procesos de negocio.</b>
<b>Flujo normal de eventos</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
9. Si el actor quiere eliminar algún modelo de la lista presiona el botón E.	10. El sistema elimina los modelos que hayan sido marcados por el actor.
<b>Flujos Alternos</b>	
9. Si el actor quiere eliminar algún modelo de la lista presiona el botón E.  11. El actor presiona el botón F, una vez leída la información mostrada en la ventana4 y selecciona los modelos que desee eliminar de la lista.	10. El sistema muestra la ventana 4 en caso de que al presionar el botón E, no se hayan marcado los modelos a eliminar.  12. El sistema elimina los modelos que hayan sido marcados por el actor.

**Tabla 12: Descripción del CUS Cargar archivo de los modelos de proceso de negocio**

<b>Caso de Uso del Sistema</b>	Obtener datos de Modelos de Procesos de Negocio.
<b>Actores</b>	Jefe de proyecto
<b>Propósito</b>	Interpretar cada uno de los modelos insertados en la lista con sus formatos correspondientes, estimar el esfuerzo de todos los modelos y guardar en la base de datos toda la información obtenida.

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPNN

<b>Resumen</b>	El caso de uso del sistema inicia cuando el Jefe de proyecto haya insertado todos los modelos que desee procesar y presione el botón interpretar con el objetivo de extraer de cada uno de los modelos toda la información necesaria para estimar sus esfuerzos y luego se almacenen en la base de datos toda la información obtenida.
<b>Responsabilidades</b>	
<b>Precondiciones</b>	Tiene que haber modelos insertados en la lista.
<b>Descripción</b>	
 <p><b>Ventana 1</b></p>	
 <p><b>Ventana 2</b></p>	
<b>Flujo normal de eventos</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1. El actor presiona el botón A de la ventana 1, para iniciar el proceso de interpretar los modelos.	2. El sistema interpreta los modelos insertados en la lista y le da valor en la tabla de la ventana 1 a cada una de las métricas identificadas, calcula el esfuerzo en horas/hombre a cada modelo y muestra una
4. El actor obtiene una tabla con todos	

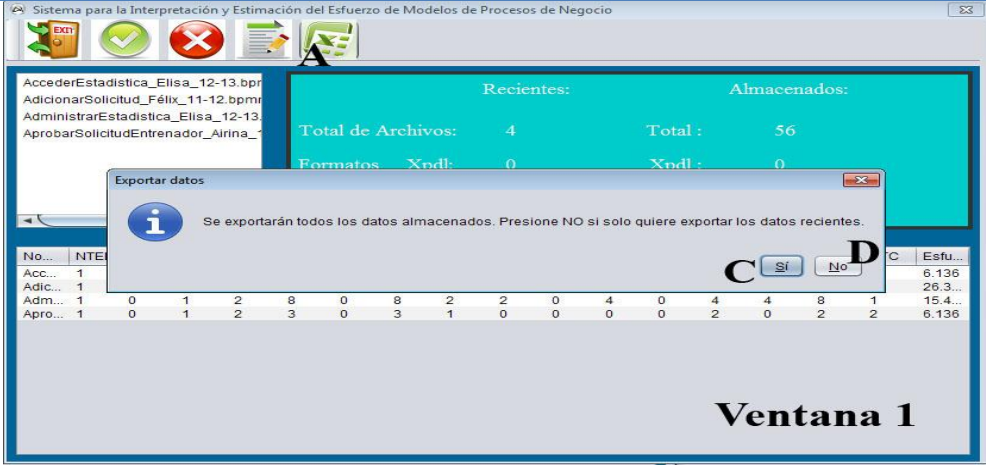
### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPON

los datos de cada modelo insertado.	<p>tabla con los datos obtenidos.</p> <p>3. El sistema guarda en la base de datos los resultados obtenidos en caso de que no estén repetidos.</p>
<b>Flujos alternos</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
4. El actor presiona el botón B de la ventana 2, aceptando la información mostrada por el sistema y viendo los datos de cada modelo.	3. En caso de que los modelos ya hayan sido guardados en la base de datos una vez, el sistema muestra la ventana 2, mostrando una lista con él o los modelos que ya fueron guardados en la base de datos.

**Tabla 13: Descripción del CUS Obtener datos de modelos de procesos de negocio**

<b>Caso de Uso del Sistema</b>	Generar Reporte
<b>Actores</b>	Jefe de proyecto
<b>Propósito</b>	Brindarle al usuario la facilidad de obtener los datos que hayan sido guardados en la base de datos, en formato Excel de forma que pueda tener a su disposición estos valores.
<b>Resumen</b>	El caso de uso comienza una vez que el actor presiona el botón exportar y el sistema muestra un mensaje de información, ofreciéndole al actor exportar todos los modelos que estén en la base de datos almacenados o solamente los recientes, de forma que él pueda acceder a todos los datos

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPNN

	que desee.
<b>Responsabilidades</b>	
<b>Casos de Uso Asociados</b>	Generar reporte personalizado
<b>Requisitos especiales</b>	
<b>Precondiciones</b>	Tienen que existir modelos en la lista
<b>Descripción</b>	
 <p><b>Ventana 1</b></p>	
<b>Flujo normal de eventos</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1. El actor presiona el botón A, de la ventana 1, deseando la exportación de los datos.  3. El presiona el botón B, de la ventana 2, exportando todos los datos almacenados en la base de datos.	2. El sistema muestra la ventana 2, ofreciendo un mensaje de información para si el actor desea exportar todos los datos de la base de datos o solamente los que haya introducido recientemente.  4. El sistema exporta automáticamente el Excel con los datos existentes.

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPON

Caso de uso asociado Generar reporte personalizado	
Acción del actor	Respuesta del sistema
2. El Jefe de proyecto presiona el botón C, de la ventana 2.	3. El sistema exporta automáticamente el Excel con los datos deseados por el Jefe de proyecto.
Post condiciones	

Tabla 14: Descripción del CUS Generar reporte

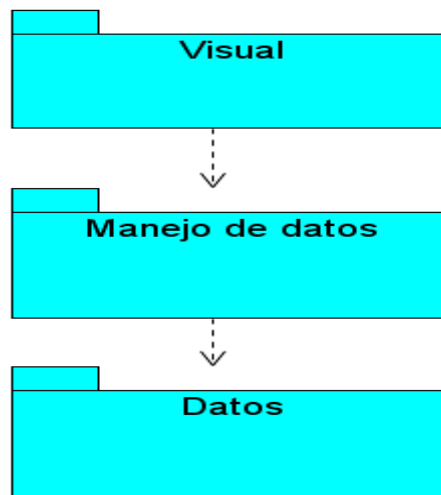
#### 3.6 Arquitectura del sistema

La programación por capas es una arquitectura cliente-servidor en el que el objetivo primordial es la separación de la lógica de negocios de la lógica de diseño. La ventaja principal de este estilo es que el desarrollo se puede llevar a cabo en varios niveles y, en caso de que sobrevenga algún cambio, solo se ataca al nivel requerido sin tener que revisar entre código mezclado. Además, permite distribuir el trabajo de creación de una aplicación por niveles; de este modo, cada grupo de trabajo está totalmente abstraído del resto de niveles, de forma que basta con conocer la API que existe entre niveles.

En el diseño de sistemas informáticos actual se suelen usar las arquitecturas multinivel o Programación por capas. En dichas arquitecturas a cada nivel se le confía una misión simple, lo que permite el diseño de arquitecturas escalables (que pueden ampliarse con facilidad en caso de que las necesidades aumenten). El más utilizado actualmente es el diseño en tres niveles (o en tres capas).

La **Figura 5** muestra en un diagrama de paquetes la distribución arquitectónica de la aplicación a desarrollar.

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPVN



**Figura 5: Diagrama de paquetes del IEEMPVN**

#### **Capa Visual**

Esta capa incluirá la interacción con el usuario, la lógica de presentación de los datos involucrada en las interfaces gráficas de usuario.

#### **Capa Manejo de datos**

Proveerá a la aplicación de un conjunto centralizado de funcionalidades o servicios que podrán ser utilizadas a través de una interfaz.

#### **Capa de Datos**

Incorporará aquellos datos que deberán persistir y el acceso centralizado a los mismos.

En el desarrollo de la aplicación, este estilo arquitectónico o patrón Modelo-Vista-Controlador presentará en el paquete Visual (la Vista) todas las interfaces con las que el usuario interactúa, luego la clase controladora es la presente en el paquete Manejo de datos (el Controlador), y en el paquete Datos (el Modelo) están todos los datos que persisten, o sea todo el manejo con los distintos tipos de formatos, la clase que contiene todas las métricas y el esfuerzo, así como las consultas que se realizan en la base de datos. Esto se puede observar en el epígrafe que sigue.

# III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMP

## PN

### 3.8 Diagrama de clases del diseño.

Un Diagrama de Clases de Diseño muestra la especificación para las clases software de una aplicación, el cual incluye información como: clases, asociaciones, atributos, interfaces con sus operaciones y constantes, métodos, navegabilidad, así como dependencias.

En el presente diagrama de clases se muestra toda la información correspondiente con el desarrollo del software IEEMP.

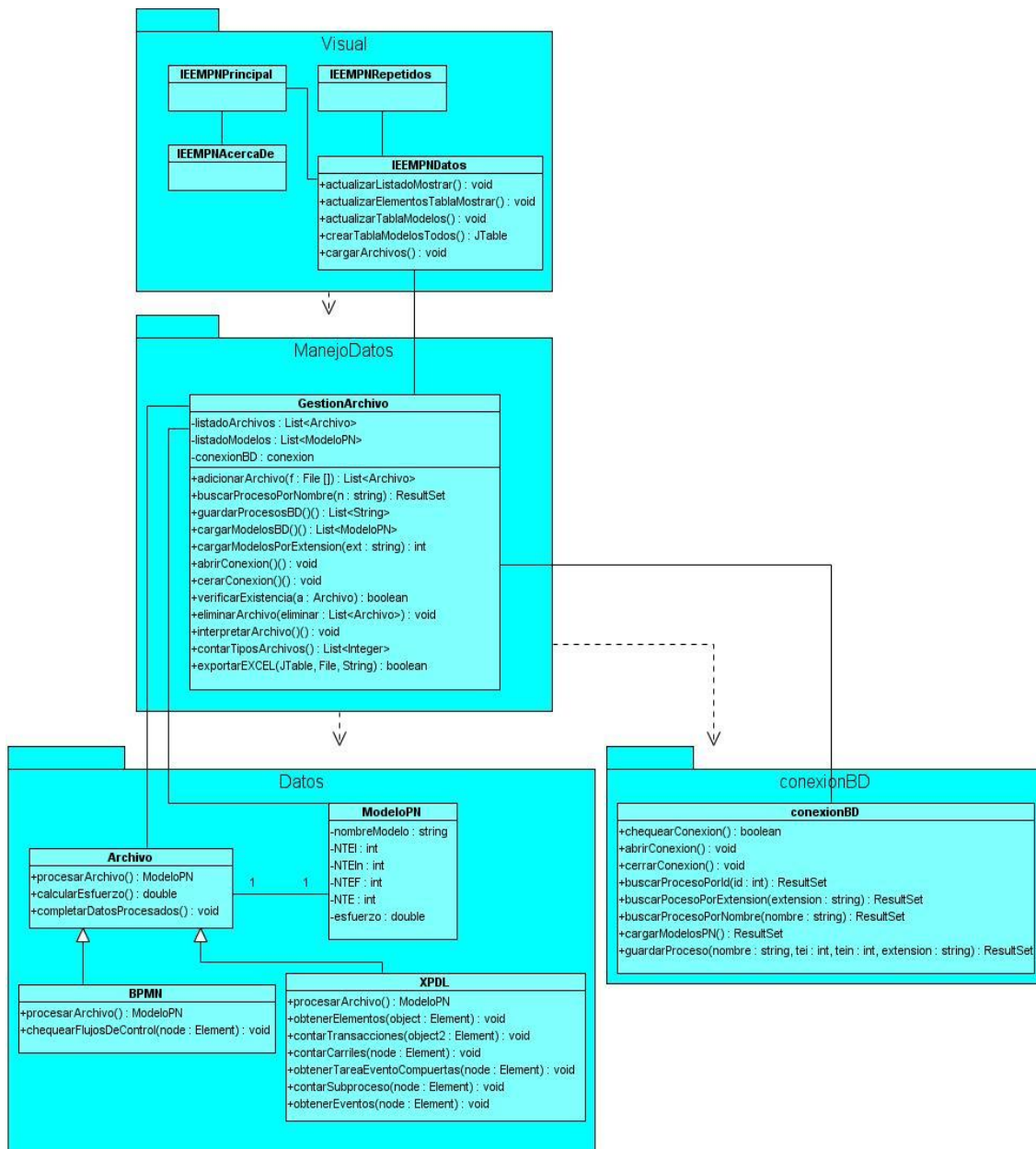


Figura 6: Diagrama de clases del diseño del IEEMP

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMP

En la **Figura 6**, la clase GestionArchivo, es la encargada de gestionar todo el flujo de datos desde la capa inferior hacia la vista y viceversa, siendo la intermediaria, proporcionando las funcionalidades necesarias en ambos sentidos, Visual- Datos, Datos-Visual.

Las clases Archivo, XPDL y BPMN describen los diferentes formatos que se pueden interpretar en la aplicación y proveen de acuerdo a su jerarquía dicha funcionalidad: procesarArchivo (). Por cada archivo que maneje el sistema, esta acción conformará un nuevo modelo que describe las características en cuanto al conteo y asociación de las métricas se refiere, encapsulado en la clase ModeloPN, las instancias de dicha entidad son las que se almacenan y se cargan de la base de datos.

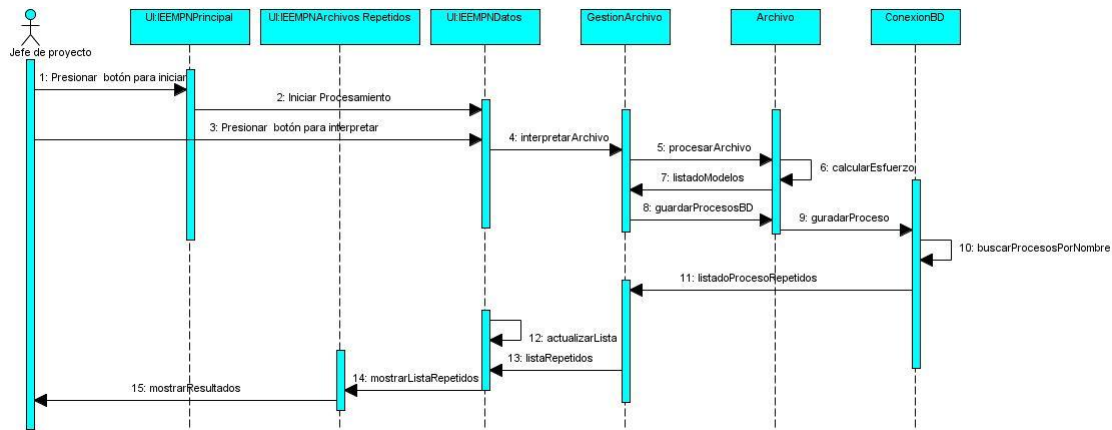
#### 3.9 Diagramas de secuencia.

Los diagramas de secuencia se utilizan en etapas definidas de la producción de un software tales como: las fases de elaboración y construcción, así como de los flujos de análisis y diseño de una aplicación, éstos resultan una herramienta de gran utilidad a la hora de mostrar cómo se realizan los casos de uso y cómo se comporta la interacción dada entre los determinados objetos o entidades del software.

A continuación se muestra el diagrama de secuencia para el caso de uso, Obtener datos de Modelos de Procesos de Negocio, ya que es uno de los casos de uso arquitectónicamente significativo y contiene la implementación de dos algoritmos de relevancia para el sistema, la interpretación de los modelos de procesos de negocio, tanto en formatos XPDL como BPMN.



### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPNN



**Figura 7: Diagrama de secuencia del CUS Obtener datos de modelos de procesos de negocio**

En este diagrama se muestra como el actor inicia las acciones correspondientes al caso de uso Obtener datos de modelos de procesos de negocio, accediendo a la interfaz gráfica IEEMPNNDatos, seleccionando la opción interpretar que permite interpretar los archivos cargados, la clase GestionArchivo.java envía el mensaje procesarArchivo () a la clase Archivo. En la clase Archivo se extraen los datos de cada uno de los archivos culminando las acciones con el cálculo del esfuerzo, posteriormente los modelos generados que no hayan sido procesados con anterioridad son almacenados en la base de datos, donde es importante destacar que desde el comienzo del caso de uso, la conexión a la base de datos se encuentra abierta.

# III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPNN

## 3.9.1 Interpretación de métricas

En el presente epígrafe se muestra un ejemplo de cómo interpretar los modelos de procesos de negocio con extensión .bpmn, utilizando para esto la biblioteca jdom que permite leer información XML, obteniendo así el valor de cada una de las métricas presentes en los modelos. Para ello se utilizará el modelo de proceso de negocio mostrado en la **Figura 1**.

```
if (object1.getName().equalsIgnoreCase("laneSet")) { ← Carriles
    modelo.setNTC(object1.getChildren().size());

    // Eventos de inicio
} else if (object1.getName().equalsIgnoreCase("startEvent")) { ← Eventos
    modelo.setNTEI(modelo.getNTEI() + 1);
} else if (object1.getName().equalsIgnoreCase("endEvent")) {
    modelo.setNTEF(modelo.getNTEF() + 1);
} else if ((object1.getName().equalsIgnoreCase("intermediateCatchEvent"))
    || (object1.getName().equalsIgnoreCase("intermediateThrowEvent"))) {
    modelo.setNTEIn(modelo.getNTEIn() + 1);

} else if ((object1.getName().equalsIgnoreCase("userTask"))
    || (object1.getName().equalsIgnoreCase("serviceTask"))
    || (object1.getName().equalsIgnoreCase("receiveTask")) ← Tareas
    || (object1.getName().equalsIgnoreCase("sendTask"))
    || (object1.getName().equalsIgnoreCase("scriptTask"))
    || (object1.getName().equalsIgnoreCase("task"))) {

    activitiesIDs.add(object1.getAttributeValue("id"));
    modelo.setNTI(modelo.getNTI() + 1);

    //Decisiones
} else if ((object1.getName().equalsIgnoreCase("exclusiveGateway"))
    || (object1.getName().equalsIgnoreCase("inclusiveGateway"))
    || (object1.getName().equalsIgnoreCase("parallelGateway"))) { ← Nodos
    RoutesIDs.add(object1.getAttributeValue("id"));
    modelo.setNTCO(modelo.getNTCO() + 1);

    //Subprocesos
} else if ((object1.getName().equalsIgnoreCase("callActivity"))) { ← Subprocesos
    modelo.setNTS(modelo.getNTS() + 1);

    //NTFSA y NTFSN
} else if ((object1.getName().equalsIgnoreCase("sequenceFlow"))) {
```

### III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMPNN

```
Attribute from = node.getAttribute("sourceRef");
Attribute to = node.getAttribute("targetRef");

if ((activitiesIDs.contains(to.getValue())) && (activitiesIDs.contains(from.getValue()))) {
    modelo.setNTFSA(modelo.getNTFSA() + 1);
}

if (RoutesIDs.contains(from.getValue())) {
    modelo.setNTFSN(modelo.getNTFSN() + 1);
}
```

Flujo de secuencia entre actividades

Flujo de secuencia entre nodos

#### 3.10 Diagrama de despliegue.

El diagrama de despliegue muestra cómo quedará distribuida físicamente la aplicación una vez implantada.

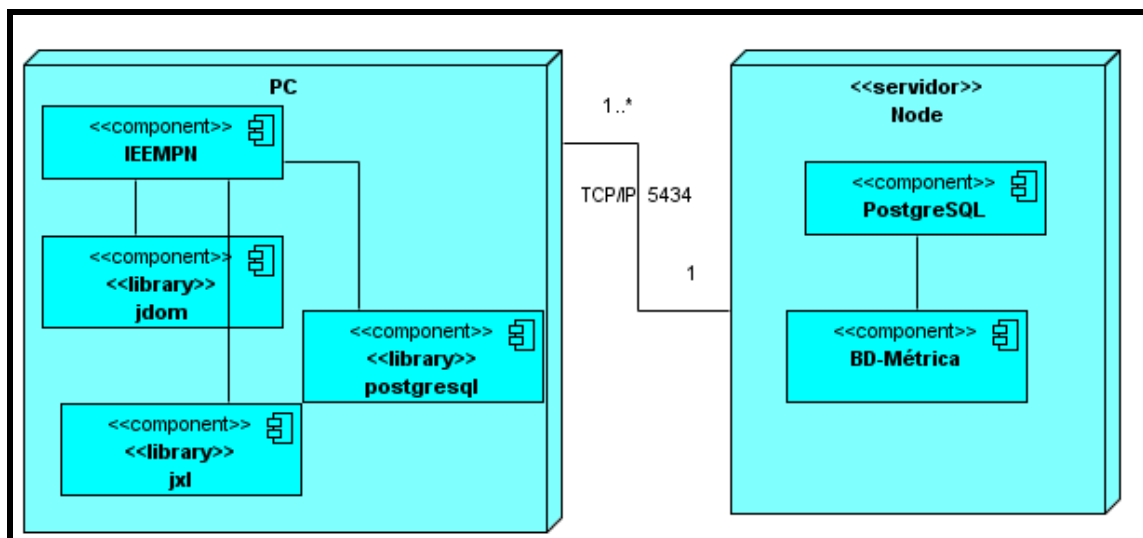


Figura 8: Diagrama de despliegue del sistema IEEMPNN

En la **Figura 8** se muestra con el diagrama de despliegue cómo será el funcionamiento del sistema IEEMPNN. Se tendrán una o más máquinas PC, que se conectarán con la máquina Servidor. La conexión se logra cambiando en la clase `ConexiónBD.java` el atributo `servidorPGDB`, asignándole a este la dirección donde estará la base de datos. Esto posibilita que los jefes de proyecto puedan acceder a la información de la base de datos. Más detalles del funcionamiento de la herramienta aparecen en el **Anexo 2**, relativo al Manual de Usuario.

# III: Diseño e implementación de la herramienta IEEMP

## CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

La aplicación IEEMP que se diseña e implementa en este capítulo, considera dos formatos para la interpretación de los modelos de procesos de negocio: XPD y BPM. Esto puede examinarse en los métodos existentes en cada una de las clases correspondientes a los distintos archivos, tales como procesarArchivo(), ChequearFlujosControl(), entre otros, implementados en las clases XPD, BPM. Esto supera los resultados obtenidos en (Esquivel 2014).

Adicionalmente, se incorpora en la clase Archivo, el cálculo de 16 métricas que permiten implementar el modelo de predicción obtenido en el capítulo anterior, ofreciendo como ventaja la de almacenar los resultados obtenidos en una base de datos.



## **IV.PRUEBAS DEL SOFTWARE**

### **IEEMPVN**

## IV: Pruebas del software IEEMPON

En el presente capítulo se describe detalladamente las pruebas realizadas al software IEEMPON para garantizar la calidad de este, tanto para la interpretación de cada una de las métricas propuestas en el capítulo 2, como para la obtención del esfuerzo que requiere la automatización de cada modelo de proceso de negocio.

### 4.1 Casos de prueba

En el presente epígrafe se diseña un conjunto de casos de pruebas que permiten verificar cada una de las funcionalidades brindadas por el software. Teniendo en cuenta como principales aspectos el conjunto de acciones de entrada proporcionadas por el usuario, las salidas proporcionadas por el sistema y la valoración de los resultados obtenidos.

#### Funcionalidades a probar

1. Incorporar modelos con los distintos tipos de formatos (xpdL o bpmn) a la lista.
2. Interpretar los modelos insertados.
3. Eliminar él o los modelos marcados en la lista.
4. Ejecutar la acción eliminar sin señalar ningún modelo.
5. Exportar todos los modelos almacenados en la base de datos.
6. Exportar sólo los modelos actualmente introducidos.

Prueba: Incorporar modelos con los distintos tipos de formatos (xpdL o bpmn) a la lista	
No de Prueba: 1	Nombre de la Prueba: Incorporar modelos de procesos de negocio.
Descripción de la Prueba: La prueba consiste en la incorporación de modelos de procesos de negocio a la lista y comprobar que estos se insertan correctamente.	
Condiciones de Ejecución: Ejecutar la acción de presionar el botón Adicionar modelos del software IEEMPON.	
Entrada / Pasos de ejecución:	

## IV: Pruebas del software IEEMPON

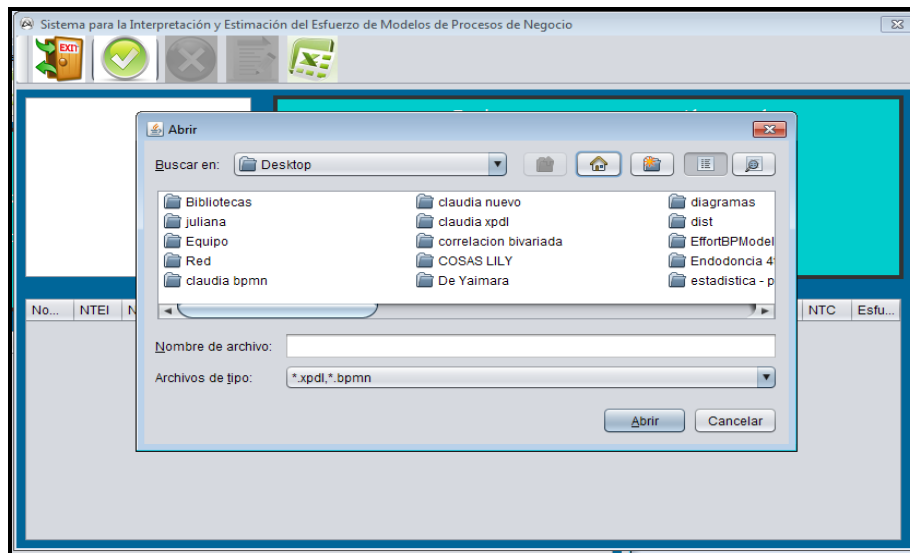
- 1- Introducir a la lista todos los modelos de proceso de negocio que el usuario desee, tanto en formato xpdI como bpmn.
- 2- Comprobar que todos los modelos deseados estén insertados.

**Resultado Esperado:** La lista contiene todos los modelos de procesos de negocio insertados.

**Evaluación de la Prueba:** Satisfactorio

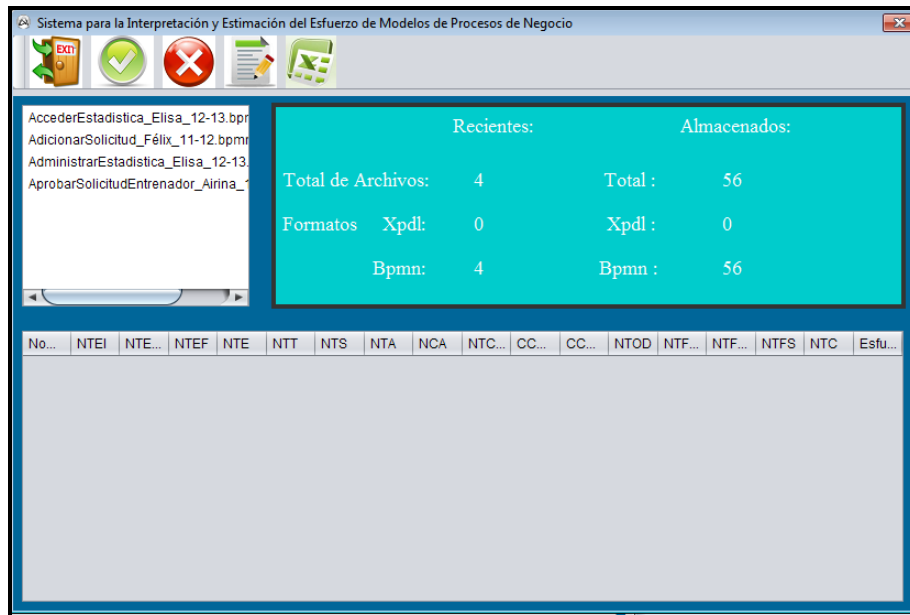
**Tabla 15: Prueba 1 Incorporar modelos a la lista**

### Ejecución de la prueba



**Figura 9: Ventana para buscar los modelos**

## IV: Pruebas del software IEEMP



**Figura 10: Datos insertados correctamente en la lista**



## IV: Pruebas del software IEEMPON

Prueba: Interpretar modelos insertados	
No de Prueba: 2	Nombre de la Prueba: Interpretar modelos insertados.
<b>Descripción de la Prueba:</b> La prueba consiste en realizar la interpretación de los modelos insertados en la lista.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Ejecutar la acción de presionar el botón Interpretar del software IEEMPON.	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b>  1- La lista tiene que contener todos los modelos que se deseen interpretar.  2- Se muestra una tabla con los valores correspondientes a las métricas existentes en cada uno de estos, así como el esfuerzo, guardando en la base de datos toda la información obtenida.	
<b>Resultado Esperado:</b> La tabla existente en el software muestra cada uno de los modelos con los valores de cada métrica, el esfuerzo de estos, así como la comprobación de que fueron insertados en la base de datos.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Satisfactorio	

**Tabla 16: Prueba 2 Interpretar modelos insertados**

Para la prueba Interpretar modelos insertados realizada en la **Tabla 16** se comprobó el almacenamiento de los datos, ya que se inició con una cantidad de 52 modelos almacenados, donde luego de haber insertado 4 modelos, la base de datos incrementó a 56 modelos de proceso de negocio almacenados como se muestra en la **Figura 11**.

## IV: Pruebas del software IEEMPON

**Sistema para la Interpretación y Estimación del Esfuerzo de Modelos de Procesos de Negocio**

Recientes:      Almacenados:

Total de Archivos:	4	Total :	56
Formatos    Xpdl:	0	Xpdl :	0
Bpmn:	4	Bpmn :	56

No...	NTEI	NTE...	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Acc...	1	0	1	2	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	1	6.136
Adic...	1	0	1	2	13	1	14	2	4	0	3	0	6	9	15	2	26.3...
Adm...	1	0	1	2	8	0	8	2	2	0	4	0	4	4	8	1	15.4...
Apro...	1	0	1	2	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	2	6.136

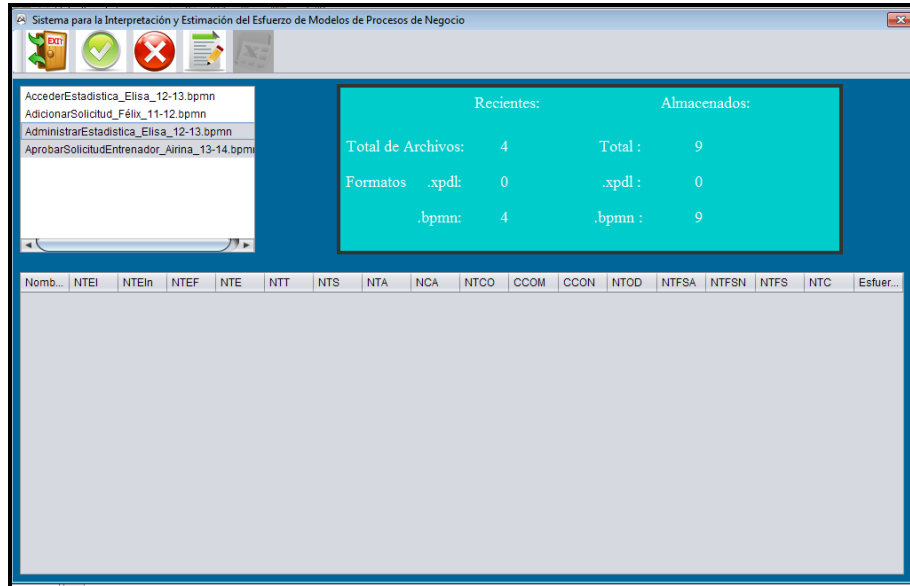
Figura 11: Interpretación de los modelos

Prueba: Eliminar el o los modelos de la lista.	
No de Prueba: 3	Nombre de la Prueba: Eliminar modelos de la lista.
Descripción de la Prueba: La prueba se basa en eliminar de la lista los modelos seleccionados.	
Condiciones de Ejecución: Ejecutar la acción de presionar el botón eliminar del software IEEMPON.	
Entrada / Pasos de ejecución:  1- Seleccionar todos los modelos insertados en la lista que desee eliminar. 2- Presionar el botón eliminar.	
Resultado Esperado: La lista se actualiza, dejando solamente los modelos deseados.	
Evaluación de la Prueba: Satisfactorio	

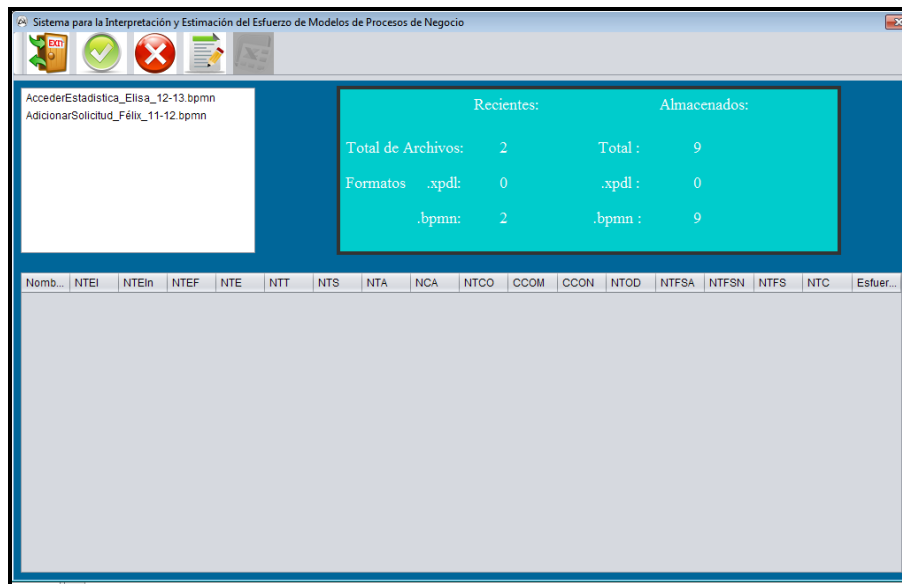
Tabla 17: Prueba 3 Eliminar modelos de la lista

## IV: Pruebas del software IEEMPON

Para esta prueba se introdujeron 4 modelos de proceso de negocio, donde como se muestra en la **Figura 12**, se marcaron los dos últimos con el fin de comprobar la funcionalidad del software en cuanto a la acción Eliminar, mostrada en la **Figura 13**.



**Figura 12: Elementos de la lista a eliminar**



**Figura 13: Lista actualizada**

## IV: Pruebas del software IEEMPON

Prueba: Eliminar modelos sin seleccionar	
<b>No de Prueba:</b> 4	<b>Nombre de la Prueba:</b> Eliminar modelos no seleccionados.
<b>Descripción de la Prueba:</b> La prueba comienza una vez seleccionada la acción de eliminar los modelos existentes en la lista pero sin haber sido seleccionados.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Ejecutar la acción de presionar el botón eliminar del software IEEMPON.	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Presionar el botón Eliminar, sin seleccionar de la lista de modelos de procesos de negocio, ningún modelo existente.</li> </ol>	
<b>Resultado Esperado:</b> El sistema muestra un mensaje de alerta, informándole al usuario que si desea eliminar algún modelo debe seleccionarlo.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Satisfactorio	

Tabla 18: Prueba 4 de la acción Eliminar modelos sin seleccionar

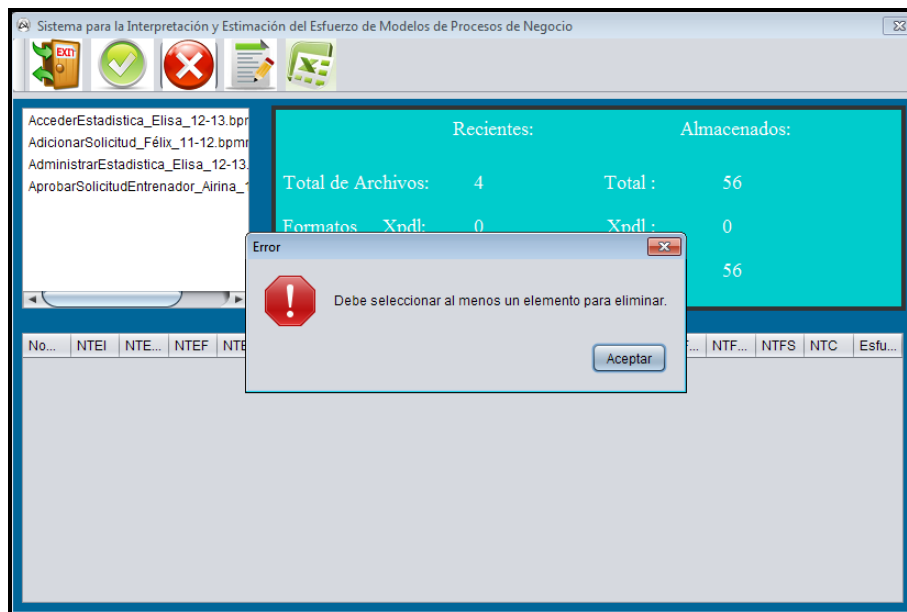


Figura 14: Validación de la acción Eliminar

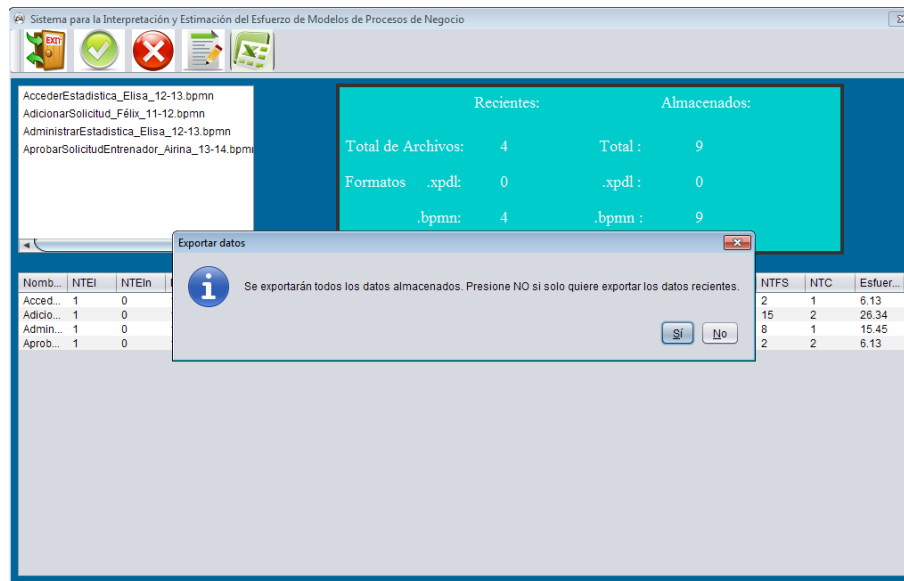
## IV: Pruebas del software IEEMPON

Prueba: Exportar modelos almacenados en la base de datos.	
No de Prueba: 5	Nombre de la Prueba: Exportar modelos almacenados.
<b>Descripción de la Prueba:</b> La prueba comienza una vez seleccionada la acción de exportar los modelos existentes en la base de datos.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Ejecutar la acción de presionar el botón exportar del software IEEMPON.	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b>  1- Seleccionar botón Exportar.  2- El sistema muestra un mensaje, preguntándole al usuario si desea exportar los datos almacenados en la base de datos o solos los recientemente insertados.  3- Presionar botón Si del mensaje para exportar los datos almacenados.	
<b>Resultado Esperado:</b> Mostrar los modelos almacenados en la base de datos automáticamente en el Excel.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Satisfactorio	

Tabla 19: Prueba 5 de la acción Exportar modelos almacenados

## IV: Pruebas del software IEEMPON

Para la comprobación de esta prueba se había incorporado a la lista 4 modelos, aumentando los modelos almacenados a 9 en la base de datos como se muestra en la **Figura 15**.



**Figura 15: Mensaje para seleccionar opción de exportar**

NOMBRE	NTEI	NTEIN	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTCO	CCOM	CCON	NTOD	NTFSA	NTFSN	NTFS	NTC	ESFUERZO
estadística_El	1	0	1	2	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	1	6.13
rSolicitud_Fé	1	0	1	2	13	1	14	2	4	0	3	0	6	9	15	2	26.34
Estadística_I	1	0	1	2	8	0	8	2	2	0	4	0	4	4	8	1	15.45
udEntrenador	1	0	1	2	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	2	6.13
rPaciente_Liz	1	0	1	2	6	0	6	1	1	0	6	0	4	2	6	2	11.58
arUsuario_Ad	1	0	1	2	5	0	5	2	3	0	2	0	2	5	7	2	11.41
Categoría_Err	1	0	1	2	5	0	5	1	0	0	0	0	4	0	4	2	9.29
esoReemplaz	1	0	1	2	5	0	5	1	1	0	5	0	3	2	5	2	10.0
arTema_Greis	1	0	1	2	5	0	5	2	2	0	3	0	2	4	6	1	10.7

**Figura 16: Modelos existentes en la base de datos**

Prueba: Exportar modelos actualmente introducidos.	
No de Prueba: 6	Nombre de la Prueba: Exportar modelos recientemente insertados.
Descripción de la Prueba: La prueba comienza una vez seleccionada la acción de exportar los modelos existentes en la lista.	
Condiciones de Ejecución: Ejecutar la acción de presionar el botón exportar del software IEEMPON.	

## IV: Pruebas del software IEEMPON

<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b>  <b>1-</b> Seleccionar botón Exportar.  <b>2-</b> El sistema muestra un mensaje, preguntándole al usuario si desea exportar los datos almacenados en la base de datos o solos los recientemente insertados.  <b>3-</b> Presionar botón No del mensaje para exportar los datos almacenados.
<b>Resultado Esperado:</b> Mostrar los modelos recientes automáticamente en el Excel.
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Satisfactorio

**Tabla 20: Prueba 6 de la acción Exportar modelos recientemente insertados**

Para este caso se muestra la misma ventana de la **Figura 15**, donde el usuario para esta prueba selecciona el botón No, con el objetivo de solamente exportar los modelos recién insertados. En este caso el sistema exportará 4 modelos que son los existentes en la **Figura 17**.

NOMBRE	NTEI	NTEIN	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTCO	CCOM	CCON	NTOD	NTFSA	NTFSN	NTFS	NTC	ESFUERZO
ística_Elis	1	0	1	2	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	1	6.13
itud_Félix	1	0	1	2	13	1	14	2	4	0	3	0	6	9	15	2	26.34
ística_Eli	1	0	1	2	8	0	8	2	2	0	4	0	4	4	8	1	15.45
ntrenador_	1	0	1	2	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	2	6.13

**Figura 17: Resultados de exportar los modelos insertados en la lista**

Luego de realizadas las pruebas anteriores, donde en todas, la evaluación de la prueba recibió valor satisfactorio, se aplicaron al software las siguientes pruebas para comprobar la interpretación de cada modelo de proceso de negocio, así como la estimación del esfuerzo correspondiente a estos. Teniendo en cuenta para estas pruebas los valores que ya se tienen de los modelos que conforman la base de casos, se introducen estos modelos en el sistema y se comparan los resultados que genera el software con los que ya se tienen, utilizando una muestra de 5 modelos de procesos de negocio para mostrar los resultados obtenidos. Se debe destacar que para comprobar la calidad de los resultados se les realizó esta prueba a cada uno de los modelos.

## IV: Pruebas del software IEEMPON

Nombre Proceso	NTEI	NTEIn	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Enviar Artículo_ Carlos Rivas	1	0	1	2	4	0	4	2	2	1	3	0	2	4	6	2	1	2	

No...	NTEI	NTE...	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Envi...	1	0	1	2	4	0	4	2	2	1	3	0	2	4	6	2	9.12...

Nombre Proceso	NTEI	NTEIn	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Gestionar Contrato_ Lester	1	0	1	2	13	0	13	1	1,3	9	1	1	14	0	11	3	14	1	24

No...	NTEI	NTE...	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Ges...	1	0	1	2	13	0	13	1	1	1	14	0	11	3	14	1	22.651

Nombre Proceso	NTEI	NTEIn	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Publicar Multimedia_ Greisy	1	0	1	2	3	0	3	0	3	1	2	0	0	6	6	1	1	0	

No...	NTEI	NTE...	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Publ...	1	0	1	2	3	0	3	0	3	1	2	0	0	6	6	1	8.251



## IV: Pruebas del software IEEMP

Nombre Proceso	NTEI	NTEIn	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Revisar Artículo_ Carlos Rivas	1	0	1	2	4	0	4	2	2	1	3	0	2	4	6	2	11
No...	NTEI	NTE...	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Revi...	1	0	1	2	4	0	4	2	2	1	3	0	2	4	6	2	9.12...

Nombre Proceso	NTEI	NTEIn	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Gestionar Usuario_ Adrián	1	0	1	2	12	0	12	2	5	0,9	3,2	0	6	10	16	1	23
No...	NTEI	NTE...	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Ges...	1	0	1	2	12	0	12	2	5	0	3	0	6	10	16	1	23.89

Los resultados de esta prueba para los 5 modelos de procesos de negocio que se analizaron como se muestra, fueron satisfactorios, debido a que cada uno de los valores de las métricas seleccionadas para el estudio calculadas por la aplicación, coincidió fielmente con los valores obtenidos de forma manual para cada uno de los modelos recolectados.

Además se calculó de forma correcta el esfuerzo a partir del modelo seleccionado en el Capítulo II.

## IV: Pruebas del software IEEMP

### CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.

El diseño de los casos de prueba realizados para cada una de las funcionalidades implementadas en la aplicación, así como la comparación de resultados entre los valores obtenidos y los reales de cada una de las métricas propuestas para el estudio, hizo posible la validación del software desarrollado en cuanto al correcto funcionamiento del mismo y la verificación del conjunto de acciones propuestas en el diagrama de casos de uso del sistema.



**CONCLUSIONES**

Concebir la identificación de los procesos de negocio de una empresa, como etapa inicial de cualquier proyecto software, brinda información significativa para la predicción del esfuerzo de automatización de los mismos. Esta idea ha permitido el desarrollo de la herramienta IEEMPON, con la que es posible:

- ❖ La interpretación de los procesos de negocio (en formato BPMN y XPDN) a partir de la recolección de múltiples procesos de negocio desarrollados en proyectos reales y de la selección de un conjunto de métricas asociadas a estos modelos de procesos de negocio.
- ❖ El cálculo del esfuerzo en horas/hombre con un modelo de predicción estadístico seleccionado a partir de la evaluación de las métricas propuestas.



**RECOMENDACIONES**

## Recomendaciones

- ❖ Estudiar la existencia de nuevos formatos de salida, exportados por herramientas para modelar procesos de negocio significativos para el mundo empresarial, a fin de que puedan ser interpretados en futuras versiones del software.
- ❖ Ampliar la base de casos para probar otros modelos de predicción del esfuerzo para diferentes tipos de proyectos de software.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

# Referencias Bibliográficas

Andrews, T. et al., 2003. Business process execution language for web services (bpel4ws). *Microsoft, IBM, Siebel Systems, BEA, and SAP, version, 1.*

Arkin, A., 2002. Business process modeling language. *BPML.org*.

Bandomo, L., 2014. No Title Procedimiento para evaluar el nivel de complejidad de los procesos de negocio a partir de su representación gráfica.

Bider, I. et al., 2005. Towards a formal definition of goal-oriented business process patterns. *Business Process Management Journal*, 11(6), 650-662.

BonitaSoft, 2011. Bonita Open Solution 5.5 Connectors Reference Guide. s.l. : BonitaSoft S.A, 2011.7. S.A, BonitaSoft. 2011. Bonita Open Solution 5.5 Connectors Reference Guide. s.l. : BonitaSoft S.A, 2011.

Cardoso, J. et al., 2006. A Discourse on Complexity of Process Models. In J. Eder & S. Dustdar *Business Process Management Workshops*. Lecture Notes in Computer Science. Springer, pp. 117-128. Available at: <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/bpm/bpmw2006.html#CardosoMNR06>.

Cardoso, J., 2007. Complexity analysis of BPEL Web processes. *Software Process: Improvement and Practice*, 12(1), 35-49. Available at: <http://dblp.uni-trier.de/db/journals/sopr/sopr12.html#Cardoso07>.

Domínguez-Dorado, M., 2005. Todo Programación. Nº 13. Págs. 32-34. Editorial Iberprensa (Madrid). NetBeans IDE 4.1. La alternativa a Eclipse).

Dufresne & Martín, 2003. Business Process Modeling.

Esquivel, M., 2014. Sistema para la interpretación de archivos XPDL correspondientes a procesos de negocio modelados con notación gráfica BPMN.



# Referencias Bibliográficas

Ghalimi, I. & McGoveran, D., 2005. Standards and BPM. *BPM. Com*, available at: [www.bpm.com/FeatureRO.asp](http://www.bpm.com/FeatureRO.asp).

Hernández, P., 2011. BizAgi, Herramienta para Gestión de Procesos de Negocio,...

Hommes, B. & van Reijswoud, V., 1999. The Quality of Business Process Modelling Methods: Illustration of a Framework for Understanding Modelling Quality. In E. D. Falkenberg, K. Lyytinen, & A. A. Verrijn-Stuart *ISCO*. IFIP Conference Proceedings. Kluwer, pp. 117-136. Available at: <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/isco/isco1999.html#HommesR99>.

Jørgensen, M., 2004. A review of studies on expert estimation of software development effort. *Journal of Systems and Software*, 70(1), 37-60.

Martínez, R., 2010. Sobre PostgreSQL [Online]. PostgreSQL-es. Available: <http://www.postgresql.org.es/>.

McCabe, T. & Bulter, C., 1976. A complexity measure. *IEEE Transactions on Software Engineering*.

McCabe, T. & Bulter, C., 1989. Desing complexity measurement and testing. *Cominunication of the ACM*.

Nagappan, N., Ball, T. & Zeller, A., 2006. Mining metrics to predict component failures. In *Proc. Int'l Conf. Software Engineering ({ICSE})*. New York, NY, USA: ACM Press, pp. 452-461.

Newcomer, E. & Lomow, G., 2005. *Understanding SOA with Web services*, Addison-Wesley.

O'Farrill, L., 2012. Procedimiento para evaluar el nivel de complejidad de la informatización de los procesos de negocio a partir de su representación gráfica. , 92.

OMG, 2011. "Business Process Model and Notation (BPMN): Version 2.0 specification."

# Referencias Bibliográficas

OMG, 2003. Object Managment Group. Business Process Model and Notation: <http://www.bpmn.org/>.

Pardo, A., 2002. SPSS.

Remón, C. & Thomas, P., 2011. Análisis Comparativo de Estimación de Esfuerzo en el Desarrollo de Software. XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación [Online].

Rolon, E., 2009. Medidas para asegurar la calidad de los modelos de proceso de negocio.

Smith, 2002. Business Process Modeling Overview.

Soffer, P. & Wand, Y., 2004. Goal-driven analysis of process model validity. In *Advanced Information Systems Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 521-535.

Wedemeijer, L. & de Bruin, E.G., 2004. Conceptual Process Models: Using Process Architecture in Practice. In *DEXA Workshops*. pp. 1002-1006.

White, 2014. Introduction to BPMN.

Ximénez, 2011. Cuaderno de prácticas SPSS. Tema 3. , 33-51.

der Aalst, W.M., 1999. Formalization and verification of event-driven process chains. *Information and Software technology*, 41(10), 639-650.



**ANEXOS**

## Anexo 1: Estimación Basada en Puntos de casos de Uso

La estimación mediante el análisis de Puntos de Casos de Uso es un método de estimación del tiempo de desarrollo de un proyecto mediante la asignación de "pesos" a un cierto número de factores que lo afectan, para finalmente, contabilizar el tiempo total estimado para el proyecto a partir de esos factores (Remón & Thomas 2011).

### Pasos para la estimación:

- 1- Cálculo de Puntos de Casos de Uso sin Ajustar (UUCP).** Este valor se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\text{UUCP} = \text{UAW} + \text{UUCW} \text{ donde,}$$

**UUCP: Puntos de Casos de Uso sin ajustar**

**UAW: Factor de Peso de los Actores sin ajustar**

**UUCW: Factor de Peso de los Casos de Uso sin ajustar**

- Determinación del factor de peso de los actores sin ajustar (UAW).

Este valor se calcula mediante un análisis de la cantidad de actores presentes en el sistema y la complejidad de cada uno de ellos. La complejidad de los actores se establece, teniendo en cuenta en primer lugar, si se trata de una persona o de otro sistema, y en segundo lugar, la forma en que el actor interactúa con el sistema como aparece en la **Tabla 20**.

Tipo de actor	Descripción	Factor de peso	Número de actores	Resultado
Simple	Otro sistema que interactúa con el sistema a desarrollar mediante una interfaz de programación (API Application Programming	1	0	0

	Interface).			
Promedio	Otro sistema que interactúa con el sistema a desarrollar mediante un protocolo o una interfaz basada en texto.	2	0	0
Complejo	Una persona que interactúa con el sistema mediante una interfaz gráfica.	3	1	3
Total				3

**Tabla 21: Factores de peso de los actores**

De manera que  $UAW = 3$ .

## b) Determinación del factor de peso en los casos de uso sin ajustar (UUCW)

Este valor se calcula mediante un análisis de la cantidad de Casos de Uso presentes en el sistema y la complejidad de cada uno de ellos. La complejidad de los casos de uso se establece teniendo en cuenta la cantidad de transacciones efectuadas en el mismo, donde una transacción se entiende como una secuencia de actividades atómicas, es decir, se efectúa la secuencia de actividades completa, o no se efectúa ninguna de las actividades de la secuencia.

<b>Tipo de caso de uso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Factor de peso</b>	<b>No. de transacciones por CUS</b>	<b>Resultado</b>
Simple	1-3 Transacciones	5	3	15
Promedio	4-7 Transacciones	10	3	30
Complejo	Mayor de 8	15	0	0

Total		45
-------	--	----

**Tabla 22: Factores de pesos de los casos de uso**

De manera que  $UUCW = 45$

**Por tanto:**

$$UUCP = UAW + UUCW$$

$$UUCP = 3 + 45$$

$$UUCP = 48$$

## 2- Cálculo de Puntos de Casos de Uso ajustados

Luego de calcular los Puntos de Casos de Uso sin ajustar, se debe ajustar este valor mediante la siguiente expresión:

$$UCP = UUCP \times TCF \times EF$$

**Dónde:**

**UCP:** Puntos de Casos de Uso ajustados

**UUCP:** Puntos de Casos de Uso sin ajustar

**TCF:** Factor de complejidad técnica

**EF:** Factor de ambiente

### a) Determinación del factor de complejidad técnica(TCF)

Este coeficiente se calcula mediante la cuantificación de un conjunto de factores que determinan la complejidad técnica del sistema. Cada uno de los factores se cuantifica con un valor de 0 a 5, donde 0 significa un aporte irrelevante y 5 un aporte muy importante.

Número de factor	Descripción	Peso	Valor	Factor	Comentario
T1	Sistema Distribuido	2	0	0	El sistema es una aplicación desktop.
T2	Tiempo de respuesta	1	0	0	El tiempo de respuesta respalda los objetivos que se persiguen con el proyecto realizado, por lo que es el adecuado.
T3	Eficiencia por el usuario	1	0	0	Existe un solo rol en el sistema.
T4	Proceso interno complejo	1	0	0	El sistema no posee cálculos complejos, aunque proporciona una serie de datos lógicos que necesitan un nivel medio de conocimiento para lograr su correcta comprensión.
T5	Reusabilidad	1	1	1	No es objetivo esencial hacer reusabilidad del código, a pesar de que este será orientado a objetos y podrá ser usado por sistemas similares.
T6	Facilidad de	0.5	2	1.5	Por la naturaleza del sistema

	instalación				desarrollado no resulta compleja su instalación.
T7	Facilidad de uso	0.5	2	1.5	El sistema debe ser fácil de usar.
T8	Portabilidad	2	0	0	El sistema se encuentra diseñado para que sea usado en situaciones similares en otros lugares que no sean la universidad.
T9	Facilidad de cambio	1	1	1	El sistema se encuentra estructurado para que los cambios realizados afecten lo menos posible las funcionalidades del sistema.
T10	Concurrencia	1	1	1	La concurrencia es tratada con suma importancia.
T11	Objetivos especiales de seguridad	1	0	0	La seguridad del sistema es un tema bastante controlado, ya que el sistema sólo permite que un usuario realice las funcionalidades correspondientes a su rol dentro del sitio.
T12	Acceso directo a terceras partes	1	0	0	La aplicación es accesible a cualquier usuario.
T13	Facilidades especiales de entrenamiento a	1	0	0	No se hace necesario el entrenamiento de los usuarios finales, debido a la facilidad



	usuarios finales				de uso que presenta el sistema, pero se debe incluir un manual de usuario para garantizar la correcta usabilidad de dicho sistema.
Total Factor	7				

**Tabla 23: Factor de complejidad técnica**

El Factor de complejidad técnica se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{TCF} = 0.6 + 0.01 * \sum (\text{Peso}_i \times \text{Valor}_i)$$

$$\text{TCF} = 0.6 + 0.01 * 7$$

$$\text{TCF} = 0.67$$

## b) Determinación del factor ambiente (EF)

Las habilidades y el entrenamiento del grupo involucrado en el desarrollo tienen un gran impacto en las estimaciones de tiempo. Estos factores son los que se contemplan en el cálculo del Factor de ambiente.

No. del factor	Descripción	Peso	Valor	Factor	Comentario
E1	Familiaridad con el modelo del proyecto usado.	1.5	1	1.5	Se está familiarizado con el modelo del proyecto, pero la experiencia en el modelado es media.
E2	Experiencia en la aplicación	0.5	1	0.5	No es una aplicación que requiera de mucha

## Anexos

					experiencia, pero se necesita de una persona y de conocimientos suficientes para garantizar su correcto funcionamiento.
E3	Experiencia OO.	1	0	0	Se considera cierto grado de experiencia en la programación orientada a objetos OO).
E4	Capacidad de analista líder.	0.5	0	0	No existe analista líder.
E5	Motivación.	1	1	1	Existe gran motivación para el desarrollo del proyecto.
E6	Estabilidad de los requerimientos.	2	1	2	Aunque el sistema se encuentra sujeto a cambios, el mismo brinda las funcionalidades esenciales que dan cumplimiento a los objetivos que iniciaron su realización.
E7	Personal media jornada.	-1	0	0	Se trabajará a tiempo completo.
E8	Dificultad en lenguaje de	-1	4	-4	Como el lenguaje empleado fue java y

	programación.				este ofrece grandes facilidades y ventajas, se considera una dificultad media su empleo.
--	---------------	--	--	--	--

**Tabla 24: Factor de ambiente**

El factor de ambiente se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EF = 1.4 - 0.03 * \sum (\text{Peso}_i \times \text{Valor asignado}_i)$$

$$EF = 1.4 - 0.03 * 1$$

$$EF = 1.3$$

De manera que el Cálculo de los Puntos de Casos de Uso Ajustados es como sigue:

$$UCP = UUCP * TCF * EF$$

$$UCP = 48 * 0.67 * 1.3$$

$$UCP = 41.81$$

Cálculo del esfuerzo

El esfuerzo en horas-hombre viene dado por:

$$E = UCP * CF$$

**Dónde:**

E: esfuerzo estimado en horas-hombre.

UCP: Puntos de casos de uso ajustados.

CF: Factor de conversión (20 horas-hombre por defecto).

$$E = 41.81 * 20$$

$$E = 836.2 \text{ horas-hombre}$$

Para la obtención de una estimación más exacta de la duración del proyecto, se hace necesario agregar a la estimación del esfuerzo obtenida por los Puntos de Casos de Uso, las estimaciones de esfuerzo de las restantes actividades que se llevaron a cabo durante el desarrollo del software; así la distribución del esfuerzo entre dichas actividades está dada por la siguiente aproximación:

<b>Actividad</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Análisis</b>	10%
<b>Diseño</b>	10%
<b>Programación</b>	50%
<b>Pruebas</b>	10%
<b>Sobrecarga(otras actividades)</b>	20%

**Tabla 25: Distribución genérica del esfuerzo**

Con este criterio y tomando como entrada la estimación de tiempo calculada a partir de los Puntos de Casos de Uso, se pueden calcular las demás estimaciones para obtener la duración total del proyecto.

<b>Actividad</b>	<b>Horas/hombres</b>
<b>Análisis</b>	167.20
<b>Diseño</b>	167.20
<b>Programación</b>	836.20
<b>Pruebas</b>	167.20
<b>Sobrecarga(otras actividades)</b>	334.48
<b>Total</b>	1672.4

**Tabla 26: Distribución real del esfuerzo**

## **Cálculo del esfuerzo total**

$$\mathbf{ETotal} = 1672.4 \text{ horas /hombre}$$

## **Cálculo del tiempo de desarrollo**

$$\mathbf{TDesarrollo} = \mathbf{ETotal/CHTotal} \quad \text{CHTotal: Cantidad de hombres} = 2$$

$$\mathbf{TDesarrollo} = 836.20 \text{ horas}$$

Considerando que se trabajan 8 horas diarias:

$$\mathbf{TDesarrollo} = \mathbf{TDesarrollo/8 \text{ horas por/día}}$$

$$\mathbf{TDesarrollo} = 1672.4/8$$

$$\mathbf{TDesarrollo} = 104.525 \text{ días aproximadamente.}$$

## **Cálculo del costo**

$$\mathbf{CostoTotal} = \mathbf{ETotal * 2 * TH} \quad \text{TH: Tarifa horaria} = \$2.40^3$$

$$\mathbf{CostoTotal} = 836.20 * 2 * 2.40$$

$$\mathbf{CostoTotal} = \$ 4013.76$$

---

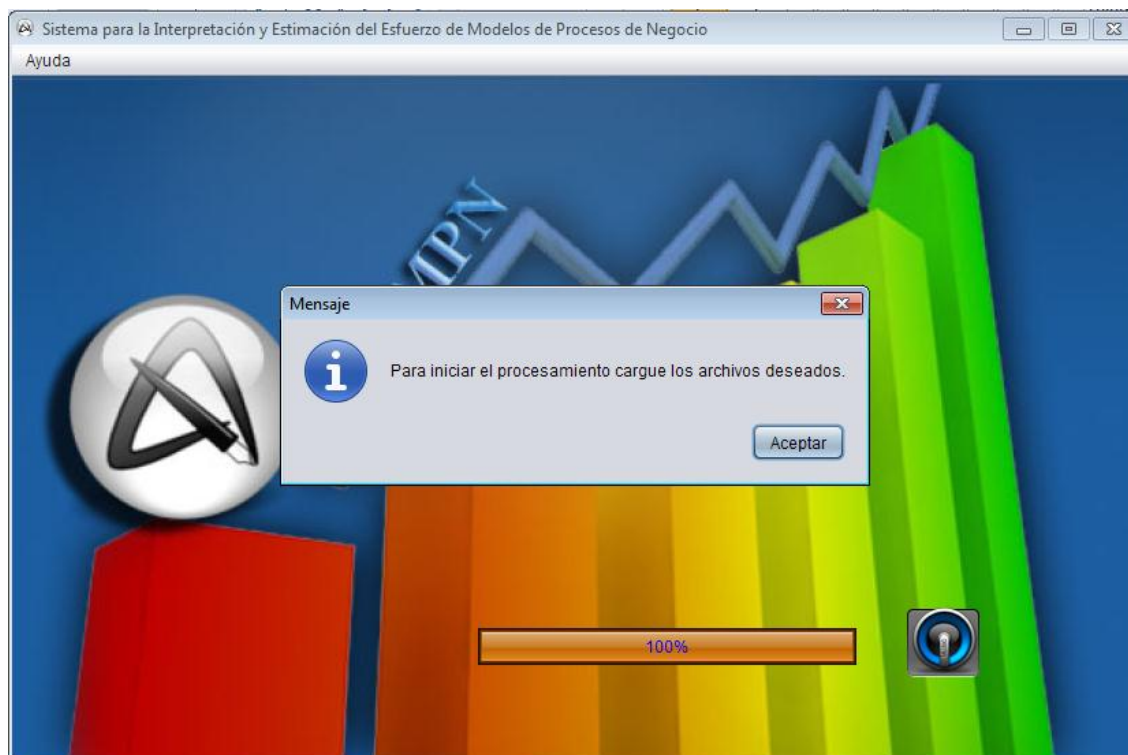
<sup>3</sup> Según tarifa horaria de un especialista de software.

## Anexo 2: Ayuda del software IEEMP



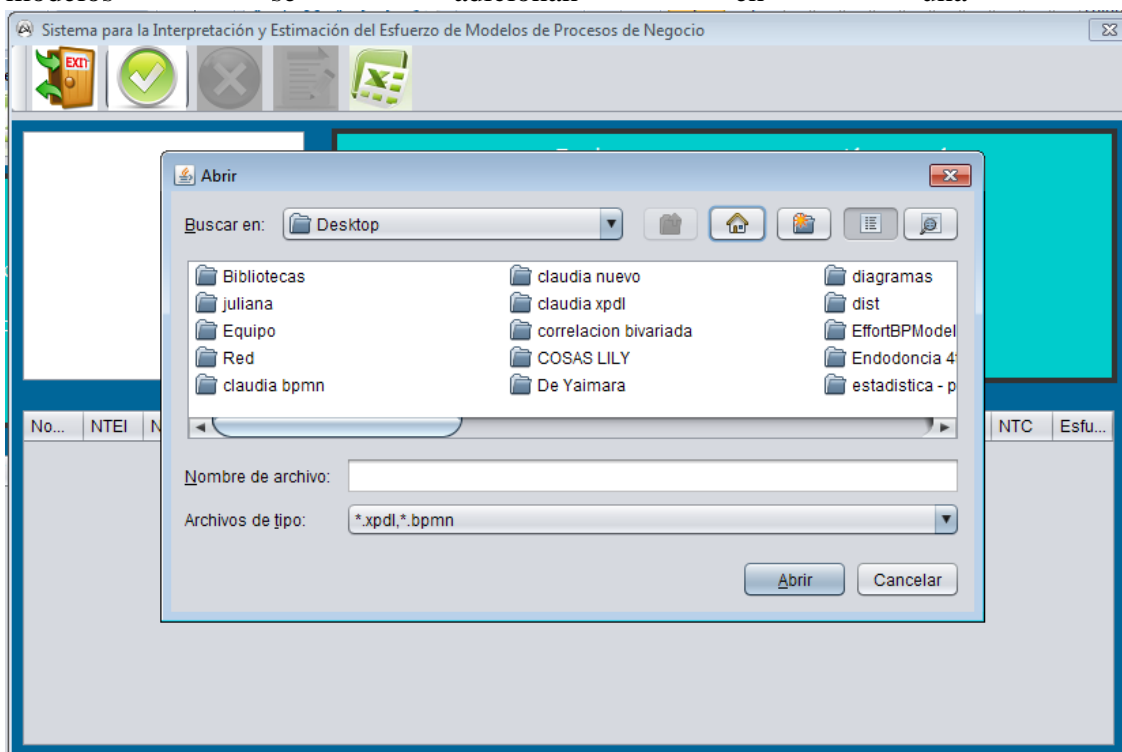
### Descripción

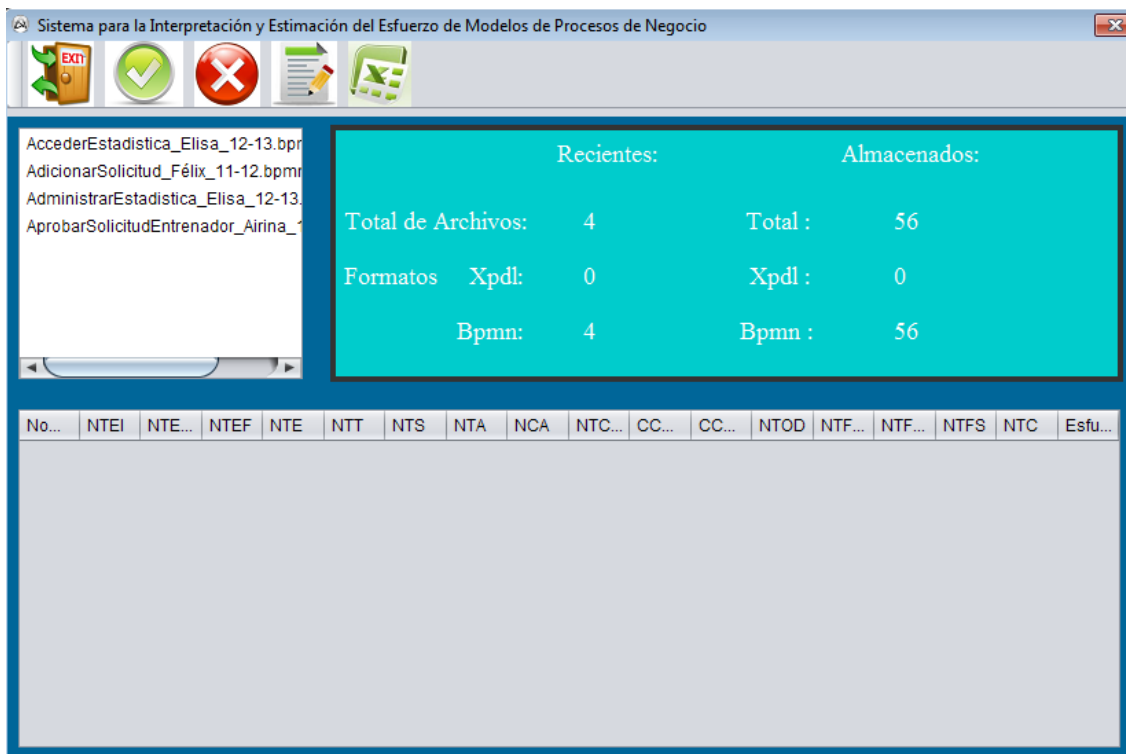
Cuando el usuario presiona el botón de Iniciar proceso el software muestra en mensaje de información, diciéndole al usuario que introduzca todos los modelos que desee tanto del formato xpdL como bpmn, antes de iniciar la interpretación y estimación de los modelos.



## Introducir modelos

En el momento del usuario introducir los modelos este escoge tantos como desee, dichos modelos se adicionan en una lista.



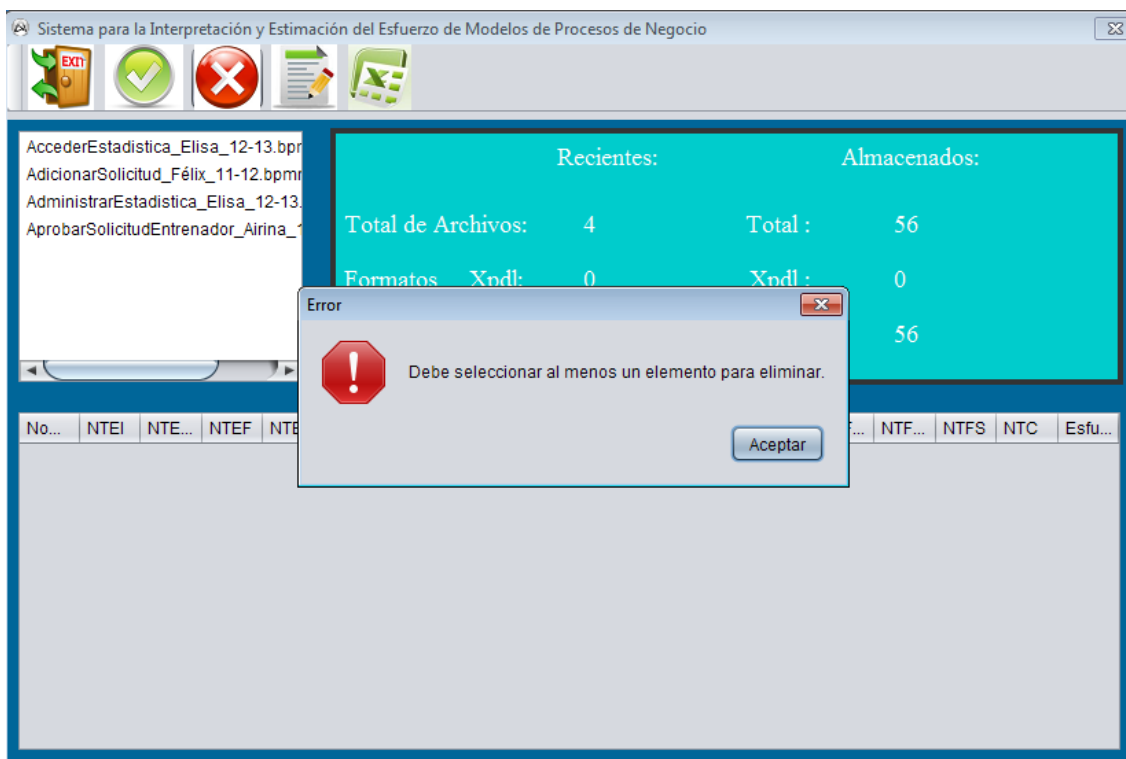


## Eliminar modelos

En el momento de eliminar él o los modelos, se marcan aquellos modelos que se deseen eliminar, en caso de que no se hayan marcado el sistema muestra un mensaje de



información, alertando al usuario de que no ha señalado ningún modelo.



## Interpretar modelos

Cuando se interpretan los modelos la conexión a la base de datos se abre automáticamente, ya que una vez presionado el botón de interpretar se guarda en la base de datos, toda la información obtenida. Es importante dejar claro que la base de datos puede estar en la misma computadora donde esté el software o en una máquina donde esté corriendo el servidor de base de datos con esta, con solo cambiar en la clase Conexión el atributo donde se especifica el servidor, y ahí incorporar la dirección en la que está la base de datos. En caso de que los modelos ya hayan sido guardados en la base de datos el software muestra la

lista con los modelos que ya se encuentran.

Sistema para la Interpretación y Estimación del Esfuerzo de Modelos de Procesos de Negocio

AccederEstadistica\_Elisa\_12-13.bpr  
AdicionarSolicitud\_Félix\_11-12.bpmn  
AdministrarEstadistica\_Elisa\_12-13.  
AprobarSolicitudEntrenador\_Airina\_1

Recientes:				Almacenados:			
Total de Archivos:	4	Total :	56				
Formatos Xpdl:	0	Xpdl :	0				
Bpmn:	4	Bpmn :	56				

No...	NTEI	NTE...	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Acc...	1	0	1	2	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	1	6.136
Adic...	1	0	1	2	13	1	14	2	4	0	3	0	6	9	15	2	26.3...
Adm...	1	0	1	2	8	0	8	2	2	0	4	0	4	4	8	1	15.4...
Apro...	1	0	1	2	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	2	6.136

Sistema para la Interpretación y Estimación del Esfuerzo de Modelos de Procesos de Negocio

AccederEstadistica\_Elisa\_12-13.bpr  
AdicionarSolicitud\_Félix\_11-12.bpmn  
AdministrarEstadistica\_Elisa\_12-13.  
AprobarSolicitudEntrenador\_Airina\_1

Recientes:				Almacenados:			
Total :	56						
Xpdl :	0						
Bpmn :	56						

Archivos repetidos

El(Los) siguientes elementos seleccionados ya existen en la base de datos

AccederEstadistica\_Elisa\_12-13.bpmn  
AdicionarSolicitud\_Félix\_11-12.bpmn  
AdministrarEstadistica\_Elisa\_12-13.bpmn

Aceptar

No...	NTEI	NTE...	NTEF	NTE	NTT	NTS	NTA	NCA	NTC...	CC...	CC...	NTOD	NTF...	NTF...	NTFS	NTC	Esfu...
Acc...	1	0	1	2	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	1	6.136
Adic...	1	0	1	2	13	1	14	2	4	0	3	0	6	9	15	2	26.3...
Adm...	1	0	1	2	8	0	8	2	2	0	4	0	4	4	8	1	15.4...
Apro...	1	0	1	2	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	2	6.136

## Exportar datos

En el momento que el usuario desee exportar los datos, el sistema muestra en mensaje preguntándole al usuario si desea exportar solo los datos introducidos en el momento o si desea todos los datos que están guardados en la base de datos.

