



**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS**

**FACULTAD 2**

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN  
CIENCIAS INFORMÁTICAS**

**COMPONENTE PARA LA INTERPRETACIÓN DE MODELOS DE  
PROCESOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN HOSPITALARIA DEL  
CENTRO DE INFORMÁTICA MÉDICA**

**AUTORES**

Nurys Pérez Mesa

José Antonio Reyes Matamoros

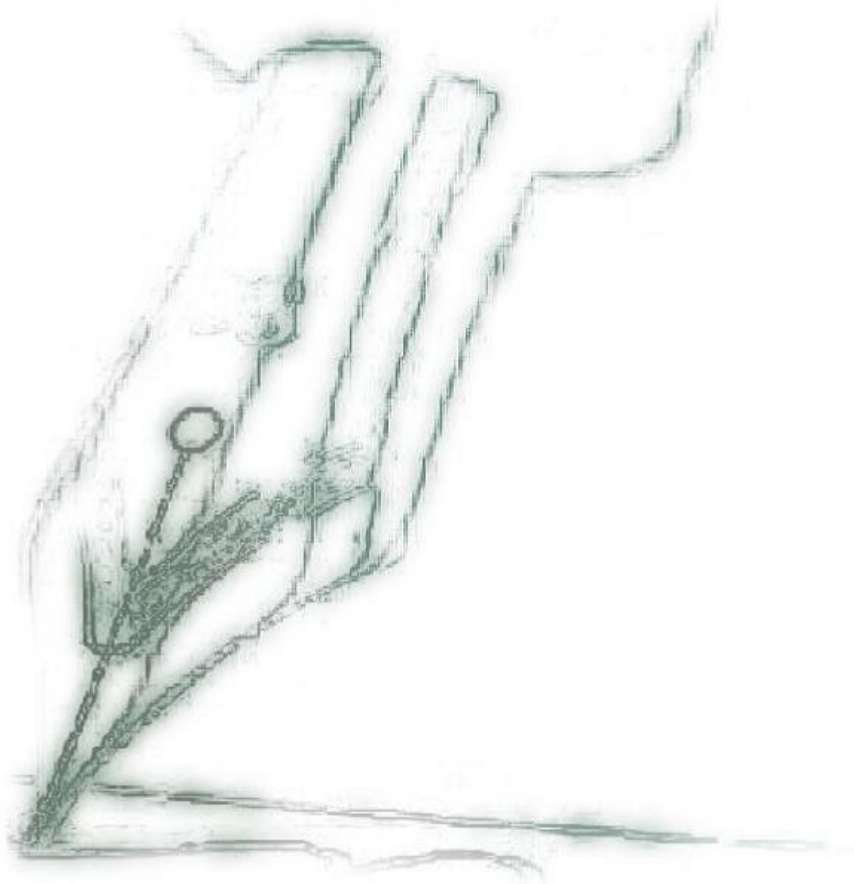
**TUTORES**

MSc. Arturo Orellana García

Ing. Osvaldo Ulises Larrea Armenteros

La Habana, junio de 2016

“Año 58 de la Revolución”



*“Si puedes soñarlo, puedes hacerlo”*

*Proverbio chino*

**Declaración de autoría**

Declaro que soy el único autor del trabajo de diploma Componente para la interpretación de modelos de procesos y autorizo al Centro de Informática Médica de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

**Nurys Pérez Mesa**

\_\_\_\_\_

Firma del Autor

**José Antonio Reyes Matamoros**

\_\_\_\_\_

Firma del Autor

**Arturo Orellana García**

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

**Oswaldo Ulises Larrea Armenteros**

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

***Datos de contacto***

**MSc. Arturo Orellana García** ([aorellana@uci.cu](mailto:aorellana@uci.cu)): graduado de Ingeniería en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2012. Máster en Informática Aplicada desde el 2015 en la Universidad de las Ciencias Informáticas UCI, La Habana, Cuba. Investigador de la minería de procesos. Miembro del grupo de investigación de minería de procesos. Autor de varias publicaciones indexadas sobre la aplicación de la minería de procesos al sector hospitalario. Especialista en la producción de software en el Centro de Informática Médica de la UCI. Estudiante de doctorado en el programa de la UCI.

**Dedicatoria**

*Nurys*

*A mis padres, mis hermanos, mis abuelos, mi padrastro, mis primos, mis tíos. En fin, a toda mi familia.*

*A mi novio Daríel.*

*A José Antonio.*

*A mis amigos.*

*A mí.*

***José Antonio***

*A mis padres, a toda mi familia.*

*A mis amigos.*

*A mi compañera de tesis.*

*A mi tutor.*

## Agradecimientos

*Nurys*

*A mi mamá, por dedicar toda su vida a mí y a mi hermana, por ser mi ejemplo y mi mayor orgullo.*

*A mami y papi, por ser quienes más creyeron en mí, por apoyarme siempre y dejarme saber el orgullo que sienten de su nieta universitaria.*

*A mi papá, por sus consejos y por estar mi lado cuando lo he necesitado.*

*A mi hermana, por hacerme sentir que soy su ejemplo, y que no puedo defraudarla.*

*A mi hermano, por demostrarme su amor y quererme tanto a pesar de no vernos mucho.*

*A mi padrastro, por su preocupación constante por mí, por hacer feliz a mi madre y por cuidar de nosotras.*

*A mi tía Iris, por hacerme reír cuando más triste estaba y por enseñarme a ver el lado positivo de las cosas.*

*A pipo, por correr conmigo cuando estaba enferma, por su preocupación por mí.*

*A mis primos Duniel y Tatica, por más que primos ser hermanos, por todos los lindos momentos que pasamos cuando niños.*

*A Lore y Joseito, por darle alegría a mis años universitarios y haber esperado por mí para sus nacimientos.*

*A toda mi familia, mis primos, mis tíos, los lejanos, los postizos, a todos gracias por ser mi familia y por ser tan unidos.*

*A mi novio, por amarme tanto, por secar mis lágrimas cuando estaba atareada o cuando extrañaba a los míos, por soportarme todo este tiempo y no perder la fe en nosotros.*

*A Rosa, por hacerme sentir que también tengo una abuela aquí en La Habana, por escucharme y por permitirme escucharla a ella.*

*A mis suegros, por quererme como a una hija y abrirme su corazón.*

*A mi compañero de tesis, José, por ser el mejor amigo que se puede tener, por sus repasos para las pruebas en las que estaba perdida, y por no defraudarme nunca. Por permitirme compartir con él este gran momento de nuestras vidas.*

*A mi tutor, por ayudarme tanto y por ser tan paciente con nosotros.*

*A todos mis compañeros de aula y amigos, por haberme permitido conocerlos y compartir con ellos tan buenos momentos.*

*A todos los profesores que he tenido durante estos 5 años, por ayudarme a realizar mi sueño.*

*A Dios y a la Revolución, por permitirme ser la profesional que soy hoy.*

# Agradecimientos

---

*José Antonio*

*A todos los profesores que he tenido a lo largo de estos 5 años en la universidad y que se han encargado de formar a la persona que soy hoy.*

*A todas las personas que conocí y que de alguna forma me apoyaron estando tan lejos de mi casa y de mi familia, a los socios del edificio, a mis compañeros de aula.*

*A mi tutor Arturo por estar siempre ahí cuando lo necesitaba, por exigirme al máximo como era debido, por hacer de mí una mejor persona y por terminar de formarme como un verdadero profesional con sus consejos.*

*A mi compañera de tesis por cumplir la promesa que hizo desde primer año que nos conocimos de hacer la tesis conmigo y permitirme así ser una parte importante de su vida, por ser en estos 5 años más que una compañera con la que iba a realizar mi tesis, por llegar a convertirse en una verdadera amiga que me apoyó incondicionalmente en todos los momentos que la necesité por encima de cualquier otra cosa, por confiar en mí y elegirme para realizar esta tarea tan importante en nuestras vidas.*

*A mi familia por apoyarme a lo largo de mi carrera y siempre confiar en mí.*

*A mis padres por ser lo más grande que me ha dado la vida, por siempre apoyarme en cada decisión mía, por confiar siempre en mí, por sacrificarse tanto para darme siempre lo mejor de ellos, por enseñarme lo que es ser un buen padre.*

*A la UCI por haberme cambiado la vida.*

## **Resumen**

En el sector de la salud, mantener un control sobre los procesos sanitarios resulta primordial para evitar problemas, como la demora en atender a un paciente o las negligencias médicas. De ahí que en los últimos años se utilice la minería de procesos para el análisis de estos procesos, con la finalidad de prever posibles situaciones desfavorables para el paciente y tomar decisiones al respecto. Un factor que contribuye a la existencia de errores en el área hospitalaria es la variabilidad y la falta de alternativas para identificarla. Por tal motivo, en el sistema XAVIA HIS se cuenta con una herramienta para la detección de variabilidad en los procesos médicos cubanos, basada en la minería de procesos. Los modelos que se generan en este sistema haciendo uso de las técnicas desarrolladas, permiten controlar la ejecución de los servicios que se brindan. Sin embargo, resulta un reto de la minería de procesos y del sistema en sí, lograr interpretar por parte de usuarios no expertos en la materia, los modelos que son generados.

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar un componente para contribuir a la interpretación de los modelos que se generan en el sistema XAVIA HIS. A partir de la propuesta de solución se pretende apoyar la toma de decisiones médicas y mejorar el proceso de atención a los pacientes. Como resultado se obtuvo una herramienta capaz de brindar información sobre la ejecución de los procesos, que es comprensible por personal no experto en minería de procesos.

**Palabras clave:** interpretación; minería de procesos; modelos de procesos; salud, sistema XAVIA HIS.



## Índice de contenido

|   |    |
|---|----|
| Introducción.....   | 13 |
| Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos..... | 18 |
| 1.1.Conceptos fundamentales .....   | 18 |
| 1.1.1.Procesos .....  | 18 |
| 1.1.2.Gestión basada en procesos .....  | 19 |
| 1.1.3.Minería de procesos .....   | 20 |
| 1.1.3.1.La minería de procesos en el sector de la salud .....                         | 22 |
| 1.1.4.Registro de eventos .....   | 23 |
| 1.1.5.Modelado de procesos.....   | 24 |
| 1.1.6.Interpretación de modelos de procesos .....                                     | 25 |
| 1.2.Herramientas existentes para el modelado de procesos .....                        | 25 |
| 1.2.1.Disco .....   | 26 |
| 1.2.2.Marco de Trabajo ProM .....   | 27 |
| 1.2.3.PPMChart.....   | 27 |
| 1.3.Ambiente de desarrollo.....   | 29 |
| 1.3.1.Lenguajes.....  | 29 |
| 1.3.1.1.Lenguaje de programación: Java v7.0 .....                                     | 30 |
| 1.3.2.Tecnologías a utilizar .....  | 30 |
| 1.3.2.1.Java Server Faces (JSF) v1.2.....   | 30 |
| 1.3.2.2.Java Platform Enterprise Edition (JavaEE) v5.0.....                           | 30 |
| 1.3.2.3.Java Persistence API (JPA) .....  | 30 |
| 1.3.2.4.Hibernate v3.3 .....  | 31 |
| 1.3.2.5.SEAM v2.1 .....   | 31 |
| 1.3.2.6.Java Runtime Environment (JRE).....   | 31 |
| 1.3.2.7.Jboss Server v8.0 .....   | 32 |
| 1.3.2.8.Facelets v1.1 .....   | 32 |

|  |    |
|--|----|
| 1.3.2.9.RichFaces v3.3.1 .....   | 32 |
| 1.3.2.10.Enterprise Java Beans (EJB) v3.0.....   | 32 |
| 1.3.3.Herramientas a utilizar .....  | 33 |
| 1.3.3.1.Entorno Integrado de Desarrollo JBoss Developer Studio v8.0 .....                                | 33 |
| 1.3.3.2.Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) PostgreSQL v8.0 .....                                     | 33 |
| 1.3.3.3. PgAdmin v3.0 .....  | 33 |
| Capítulo 2: Propuesta de solución .....  | 35 |
| 2.1.Características del sistema XAVIA HIS .....  | 35 |
| 2.1.1.Descripción de la arquitectura .....   | 35 |
| 2.1.2.Patrones de diseño.....  | 37 |
| 2.1.2.1.Patrón de diseño GRASP .....   | 37 |
| 2.2.Flujo de información de la herramienta para detectar variabilidad .....                              | 38 |
| 2.3.Características de los registros de eventos .....  | 39 |
| 2.3.1.Niveles de madurez .....   | 43 |
| 2.3.2.Extensiones de XES .....   | 43 |
| 2.4. Características de la propuesta de solución .....   | 44 |
| 2.4.1.Funcionalidades del sistema.....   | 45 |
| 2.4.2.Elementos a tener en cuenta para el desarrollo de la solución .....                                | 46 |
| 2.4.2.1.Extensiones de los registros de eventos usadas.....  | 46 |
| 2.4.3.Estándares de codificación .....   | 46 |
| 2.4.4.Integración del componente para la interpretación de modelos de procesos al sistema XAVIA HIS..... | 48 |
| 2.5.Análisis de los resultados obtenidos.....  | 54 |
| Capítulo 3: Validación de la solución propuesta .....  | 53 |
| 3.1.Pruebas de software.....   | 53 |
| 3.1.1.Pruebas funcionales .....  | 53 |
| 3.1.1.1.Pruebas de caja negra.....   | 53 |
| 3.1.2 Pruebas de rendimiento.....  | 54 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2. <i>Índice de Satisfacción Grupal</i> .....              | 56 |
| 3.2.1. Resultados de la aplicación de la técnica Iadov ..... | 58 |
| 3.3. Aplicación de un caso de estudio .....                  | 59 |
| Conclusiones .....   | 63 |
| Recomendaciones .....  | 64 |
| Referencias Bibliográficas .....                             | 65 |
| <i>Bibliografía</i> .....                                    | 72 |
| Anexos .....   | 73 |

### **Índice de tablas y figuras**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Representación de un proceso.....  | 19 |
| Figura 2. Tipos de minería de procesos.....  | 21 |
| Figura 3. Modelo de proceso representado mediante una red heurística.....  | 29 |
| Figura 4. Funcionamiento de una aplicación MVC.....  | 37 |
| Figura 5. Flujo de información del uso de la herramienta para la detección de variabilidad.....                                | 39 |
| Figura 6. Resumen de un registro de eventos.....   | 40 |
| Figura 7. Ejemplo de un registro de eventos.....   | 41 |
| Figura 8. Ejemplo de un registro de eventos en formato XES.....  | 42 |
| Figura 9. Fórmula de media aritmética.....   | 46 |
| Figura 10. Registro de eventos del proceso <i>Solicitar productos</i> .....  | 49 |
| Figura 11. Modelo de proceso generado a partir de la técnica Inductive visual Miner.....                                       | 50 |
| Figura 12. Visualización del componente para la interpretación de modelos de procesos.....                                     | 51 |
| Figura 13. Fórmula del cálculo del ISG.....  | 58 |
| Figura 14. Distribución de la satisfacción grupal.....   | 59 |
| Figura 15. Parámetros de entrada solicitados por la sección Gestionar procesos del sistema XAVIA HIS.....                      | 60 |
| Figura 16. Modelo de proceso generado a partir de la técnica Inductive visual Miner.....                                       | 61 |
| Figura 17. Aplicación del componente para la interpretación de modelos de procesos al proceso <i>Solicitar productos</i> ..... | 62 |
| <br>   |    |
| Tabla 1. Funcionalidades del componente para la interpretación de modelos de procesos.....                                     | 45 |
| Tabla 2. Pruebas de rendimiento realizadas con los registros de eventos.....   | 54 |
| Tabla 3. Pruebas de rendimiento realizadas a partir de las técnicas existentes.....  | 55 |
| Tabla 4. Cuadro lógico de ladov.....   | 56 |

## Introducción

En los procesos de negocio se presentan diariamente diversos problemas sobre su implementación y ejecución, por lo que existe una creciente necesidad de investigar sobre la Gestión de Procesos de Negocio o BPM (*Business Process Management*, por su nombre en inglés) por la capacidad que tiene esta disciplina de reducir la variabilidad que aparece habitualmente cuando se producen o prestan determinados servicios y se tratan de eliminar las ineficiencias<sup>1</sup> asociadas a las acciones o actividades y al consumo inapropiado de recursos (Martínez, 2012). Además, facilita la gestión de las actividades y su mejoramiento, así como el desempeño de las organizaciones.

Una alternativa en ascenso para modelar la ejecución real de los procesos es la minería de procesos, disciplina de investigación relativamente joven que se ubica entre la inteligencia computacional y la minería de datos, por una parte, y la modelación y análisis de procesos, por otra. (van der Aalst, et al., 2011)

La minería de procesos permite descubrir, monitorear y mejorar procesos reales a partir de la extracción de conocimientos de los registros de eventos ampliamente disponibles en los actuales sistemas de información. Estos registros de eventos son el resultado del almacenamiento de la información de las actividades que componen los procesos en un período determinado de tiempo. (van der Aalst, et al., 2011)

Esta disciplina enfoca sus esfuerzos en la extracción de información útil y relevante sobre los procesos de las organizaciones. Los tres tipos de minería de procesos son el descubrimiento; utilizado para extraer modelos de procesos a partir de un registro de eventos, la verificación de conformidad; para monitorear desviaciones<sup>2</sup> al comparar el modelo y el registro de eventos, y la mejora de los modelos existentes (Yzquierdo, 2013). Los registros de eventos son analizados por las herramientas ProM (Yzquierdo, 2013) y Disco (van der Aalst, et al., 2009) que permiten generar modelos de la ejecución real de los procesos en sistemas automatizados.

En sectores tan críticos como el de la salud, se hace necesario mantener un control sobre los procesos que se desarrollan en las instituciones hospitalarias con el fin de proporcionar servicios sanitarios de alta calidad y con costes controlados (van der Aalst, et al., 2011). La ejecución de

---

<sup>1</sup> Ineficiencia: falta de eficiencia. Según el diccionario de la Real Academia Española, eficiencia (del latín *efficientia*) es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.

<sup>2</sup> Desviaciones: muestran precisamente las partes del modelo que se desvían con respecto al registro de eventos, son visualizadas para mostrar qué partes del modelo se ajustan bien y qué partes no lo hacen.

procesos hospitalarios no es ajena a la presencia de cuellos de botella<sup>3</sup>, desviaciones, cambios de frecuencia<sup>4</sup>, eventualidades y fraudes; también denominados en su conjunto como variabilidad en la ejecución de procesos (Nariño, 2013). De ahí que el modelado de procesos sanitarios, haciendo uso de las técnicas de minería de procesos existentes, resulte importante para detectar las eventualidades que se pueden presentar en las instituciones y constituya una herramienta encaminada a lograr los objetivos de calidad en el entorno sanitario; es decir, procura asegurar la solución de los problemas de salud desde una visión centrada en el paciente, en las personas que prestan los servicios, y en el proceso asistencial en sí mismo. (Paneque, 2002)

Con el objetivo de automatizar los procesos del nivel secundario de salud en Cuba, en el Centro de Informática Médica (CESIM), de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se desarrolló un Sistema de Información Hospitalaria o sistema XAVIA HIS, orientado a satisfacer las necesidades de: recopilación, almacenamiento, procesamiento e interpretación de los datos clínico-administrativos que se generan en las instituciones hospitalarias. (Castañeda, et al., 2015)

Los beneficios que brinda la aplicación de la minería de procesos en el sector de la salud, son estudiados por el CESIM. Hasta el momento, las investigaciones se han dirigido a la etapa de descubrimiento. El sistema XAVIA HIS cuenta con un componente para extraer y transformar sus trazas en registros de eventos, facilitando su uso con respecto a equivalentes.

Sobre el sistema XAVIA HIS se han personalizado y desarrollado técnicas de minería de procesos, tales como: *Inductive visual Miner* para el análisis de tiempo, *Fuzzy Miner* para el análisis de frecuencia en los procesos, *Heuristics Miner* para obtener una vista global del proceso y análisis de caminos comunes. Así mismo, fue desarrollada una personalización de *Variants Miner*, aplicándole la perspectiva temporal de minería de procesos, para obtener las variantes alternativas de la ejecución de un proceso. Sin embargo, los modelos que se generan en el sistema XAVIA HIS a partir de las técnicas desarrolladas presentan dificultades en la interpretación para usuarios no expertos en minería de procesos.

Uno de los desafíos actuales de la minería de procesos es la comprensión e interpretación de los modelos que son generados a partir de un registro de eventos. Incluso si pudiera ser fácil generar los resultados de la minería de procesos, esto no significa que esos resultados sean verdaderamente

---

<sup>3</sup> Cuellos de botella: es un límite en la capacidad de transferencia de información de un sistema o una conexión, que puede reducir el tráfico en condiciones de sobrecarga.

<sup>4</sup> Frecuencia: está dada por la cantidad de veces que se repite una actividad con respecto a todas las demás en un registro de eventos.

útiles. Los usuarios pueden tener problemas para entender la salida del modelado o estar tentados a inferir conclusiones incorrectas. (van der Aalst, et al., 2011)

Se han identificado factores que afectan el entendimiento del modelo de proceso tales como: propósito del modelo, notación de modelado, presentación visual, y complejidad del modelo de proceso. Adicionalmente, se han analizado características del modelo que afectan su comprensión, tales como el diseño de los constructores gramaticales, el resaltado de colores, la utilización de la modularización<sup>5</sup>, y el estilo gramatical de las etiquetas de texto. (Pérez, 2015)

De ahí que el **problema a resolver** sea: ¿cómo contribuir a la interpretación de los modelos de procesos del sistema XAVIA HIS del CESIM?

El problema está enmarcado en el **objeto de estudio**: gestión basada en procesos en sistemas de información de salud, centrado en el **campo de acción**: interpretación de modelos de procesos del negocio en el sistema XAVIA HIS del CESIM.

Para solucionar el problema planteado, se define como **objetivo general**: desarrollar un componente que contribuya a la interpretación de los modelos de procesos generados a partir del registro de eventos del sistema XAVIA HIS del CESIM.

Se proponen las siguientes **tareas de la investigación**:

1. Elaboración del marco teórico metodológico referente a la interpretación de modelos de procesos hospitalarios y a la minería de procesos para conformar la base teórica de la investigación.
2. Análisis de los componentes y herramientas que posibilitan el modelado de procesos para identificar los antecedentes, tendencias y elementos a considerar en la propuesta de solución.
3. Desarrollo del componente, siguiendo las pautas definidas en el sistema XAVIA HIS, para realizar la interpretación de modelos de procesos.
4. Integración del componente desarrollado a la herramienta de análisis de procesos hospitalarios para contribuir a la interpretación de estos procesos.
5. Validación de los resultados obtenidos a partir de los métodos y técnicas definidas para evaluar la propuesta de solución.

---

<sup>5</sup> Modularización: es la propiedad que permite subdividir un componente en partes más pequeñas llamadas módulos.

Los **métodos científicos** (Hernández León, et al., 2011) utilizados para desarrollar la investigación fueron:

### Métodos teóricos:

- Histórico-lógico: se utilizó para analizar el surgimiento y evolución de la minería de procesos y así facilitar la comprensión del objeto y campo de estudio.
- Analítico -sintético: para descomponer el problema de investigación en elementos, profundizar en su estudio y luego sintetizarlos en la solución propuesta.
- Inductivo-deductivo: se aplicó para obtener un grupo de conocimientos, analizando los datos generales válidos para llegar a una conclusión particular, específicamente sobre la forma de analizar los procesos hospitalarios para contribuir a su interpretación por usuarios del dominio hospitalario.
- Modelación: se empleó para desarrollar el flujo conceptual de la propuesta, con el fin de obtener abstracciones e interpretar la realidad.

### Métodos empíricos:

- Análisis documental: en la revisión de la literatura especializada para extraer la información necesaria que permitió realizar el proceso de investigación.
- Análisis comparativo: para detectar similitudes, diferencias e insuficiencias en cuanto a la interpretación que brindan las herramientas existentes para modelar los procesos.
- Observación: para adquirir conocimiento del campo de acción a través de la investigación realizada sobre las herramientas.

### Métodos particulares:

- Encuesta: se utilizó la técnica ladov para evaluar y corroborar por expertos y potenciales usuarios, la factibilidad y pertinencia de la herramienta propuesta.

Con la realización del componente se espera obtener los siguientes beneficios:

- Facilitar la gestión, planificación y control de los recursos y servicios médicos, así como del personal que interviene en ellos.
- Contribuir a la toma de decisiones sobre la ejecución de los procesos en las instituciones que hagan uso del sistema XAVIA HIS.



- Mejorar la comprensión de la información que se muestra sobre los procesos que son analizados desde el sistema.

El documento se encuentra dividido en tres capítulos, estructurados de la siguiente manera:

**Capítulo I: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos**, se presentan los principales conceptos sobre la minería de procesos que constituyen las bases para el desarrollo del componente para la interpretación de modelos de procesos generados a partir de un registro de eventos. Se fundamentan las tecnologías, lenguajes y herramientas de desarrollo a utilizar. El **Capítulo 2: Propuesta de solución**, describe la propuesta de solución, se detallan los patrones, arquitectónicos y de diseño, utilizados; así como se abordan los elementos fundamentales del componente a desarrollar y las etapas de su integración al sistema XAVA HIS. Por último, en el **Capítulo 3: Validación de la solución propuesta**, se valida la aplicación, a partir de pruebas de sistema realizadas para medir el rendimiento y la funcionalidad del componente, se realiza una encuesta para medir el grado de satisfacción que se tiene de la solución, y se aplica un caso de estudio para determinar la utilidad de la propuesta.

# Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos

---

## Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos

En el presente capítulo se presentan los principales conceptos sobre la minería de procesos que constituyen las bases en el desarrollo del componente para la interpretación de modelos de procesos generados a partir de un registro de eventos. Se fundamentan las tecnologías, metodologías y herramientas de desarrollo a utilizar.

### 1.1. Conceptos fundamentales

La realización del componente para la interpretación de modelos de procesos, tiene asociado un conjunto de definiciones que es necesario dominar para una mejor comprensión del campo de acción. A continuación se describen los conceptos fundamentales para el desarrollo de la solución.

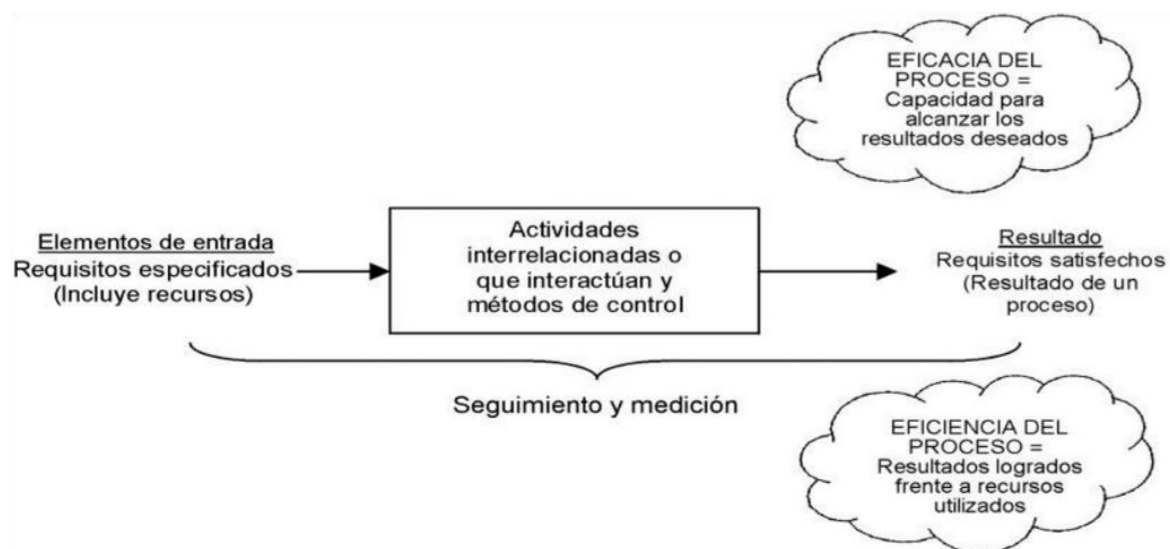
#### 1.1.1. Procesos

La palabra proceso aparece del latín *processus*, que significa avance y progreso. Según la Real Academia de la Lengua Española, se define *proceso* como el conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.

Un *proceso* es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr algún resultado específico. Los procesos son mecanismos de comportamiento que diseñan los hombres para mejorar la productividad de algo, para establecer un orden o eliminar algún tipo de problema. (Definición.mx, 2013)

Según la serie de normas internacionales ISO 9000 (2005) se define un *proceso* como “conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”.

# Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos



**Figura 1.** Representación de un proceso.

**Fuente:** (Corrie, 2008).

El Modelo Europeo de Excelencia Empresarial, conocido como modelo EFQM, define proceso como, una secuencia de actividades que va añadiendo valor mientras se produce un determinado producto o servicio a partir de determinadas aportaciones.

Autores como (Ihaddadene, 2008) y (Aytulun, 2008) definen que un proceso de negocio es una descripción o conjunto de actividades de una organización en términos de tareas, agentes, reglas y procedimientos. Mientras que (Pappa, Faltin, & Zimmermann, 2009) plantea que un proceso de negocio se presenta como un marco para las actividades donde participan e interactúan diversos actores para producir un producto o un servicio y así lograr los objetivos y metas definidos por una empresa.

Los autores de la presente investigación se basan para la realización de la misma, en la definición de proceso dada por la serie de normas internacionales ISO 9000 (2005) debido a que describe un proceso de negocio con las características que poseen los mismos para este trabajo de diploma.

## 1.1.2. Gestión basada en procesos

# Capítulo 1: *Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos*

---

El enfoque basado en procesos en las organizaciones de información es la forma eficaz<sup>6</sup> para desarrollar acciones que satisfagan las necesidades de los usuarios internos y externos con información relevante, oportuna y precisa que facilite la toma de decisiones estratégicas y operativas. Pueden identificarse y gestionarse numerosos procesos interrelacionados, analizar y seguir coherentemente el desarrollo de los procesos en su conjunto, así como obtener la mejora continua de los resultados por medio de la erradicación de errores y procesos redundantes en las diferentes funciones de la organización. (Moreira, 2006)

La serie de normas internacionales ISO 9001 (2008) promueve la adopción de un *enfoque basado en procesos* cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.

Otros autores como van der Aalst (van der Aalst, et al., 2004) plantea a la *Gestión de Procesos de Negocio*, como un sistema que busca: “apoyar los procesos de negocio utilizando métodos, técnicas y software para diseñar, aprobar, controlar y analizar los procesos operativos con interacción de seres humanos, organizaciones, aplicaciones, documentos y otras fuentes de información”.

También es conocida como una gestión integral que promueve la eficacia empresarial<sup>7</sup> y la eficiencia mientras se esfuerza por innovación, flexibilidad, y la integración con la tecnología. Está creciendo como una disciplina, donde las nuevas tecnologías están emergiendo rápidamente, manteniendo el centro del escenario BPM en los dominios de negocio y tecnología. (Gao, 2013)

### **1.1.3. Minería de procesos**

La *minería de procesos* se define como una disciplina que busca analizar la información que los sistemas de información registran sobre los procesos de negocio que apoyan, para poder entender, monitorear, analizar y mejorar dichos procesos. (van der Aalst, et al., 2011)

El antecedente de esta tecnología es BPM, que es la base para los Sistemas de Administración de Procesos de Negocios que generan la información sobre la que trabaja la minería de procesos. La

---

<sup>6</sup> Eficaz: se dice de aquello que produce el efecto esperado o deseado.

<sup>7</sup> Eficacia empresarial: según la Real Academia de la Lengua Española, eficacia es la capacidad para obrar o para lograr el efecto deseado. En el sector empresarial, se refiere a la capacidad de las empresas de lograr los objetivos que se han propuesto.

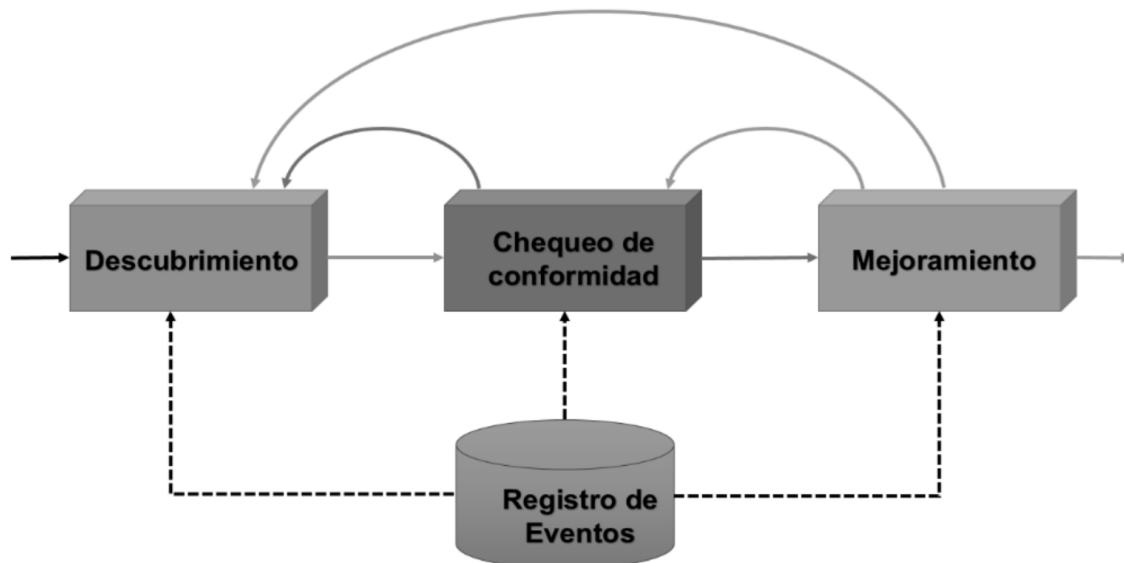
# Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos

información de estos sistemas se almacenan en registros de trazas y un correcto análisis de estos datos puede ayudar a mejorar la forma en que se ejecutan y gestionan los procesos en la organización. (van der Aalst, et al., 2011)

Enfoca sus esfuerzos en la extracción de información útil y relevante sobre los procesos de la organización, tomando como punto de partida los datos contenidos en los registros de eventos (Yzquierdo, 2013). Existen tres tipos fundamentales de técnicas de minería de procesos (ver figura 2), el descubrimiento de proceso, la verificación de conformidad y el mejoramiento de modelos.

El **descubrimiento** consiste en tomar un registro de eventos y generar un modelo sin utilizar ninguna información previa (van der Aalst, et al., 2011). Esta técnica es la más destacada y utilizada en la actualidad, muestra cómo se ejecutan realmente los procesos en la organización.

En la **verificación de conformidad** se compara un modelo de proceso existente con un registro de eventos del mismo proceso. Esto permite comprobar si existen desviaciones entre la ejecución real y el modelo previo, utilizando estas desviaciones se realiza la **mejora** al modelo incorporándole la información obtenida en las etapas anteriores. (van der Aalst, et al., 2009)



**Figura 2.** Tipos de minería de procesos.

**Fuente:** (Orellana, 2015)

# Capítulo 1: *Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos*

---

## **1.1.3.1. La minería de procesos en el sector de la salud**

La minería de procesos busca en el interior del proceso y hace visible lo que realmente está sucediendo. Por ejemplo, es posible: (Orellana, et al., 2015)

1. Consultar los caminos de proceso que normalmente son seguidos por los pacientes al pasar por este.
2. Ver las excepciones en el proceso.
3. Identificar dónde están los cuellos de botella en el proceso.
4. Comprobar si se siguen las pautas médicas. Ver qué personas y departamentos médicos están trabajando juntos con frecuencia.
5. Comparar los procesos más allá de indicadores claves de rendimiento simplistas.

La información anterior es la clave de muchos procesos de mejora. Por ejemplo: (Orellana, et al., 2015)

1. Reducir los costos mediante la eliminación de innecesarias pruebas médicas o tratamientos.
2. Reducir el tiempo total de tratamiento mediante la eliminación de los mayores cuellos de botella dentro de un proceso (por ejemplo, reducir el mayor tiempo medio de espera que existe para ciertos exámenes médicos, tratamientos o insumos).
3. Estandarizar la forma de trabajar mediante la definición de una ruta de atención de cómo los pacientes que sufren de una enfermedad determinada deben ser diagnosticados y tratados.
4. Menor complejidad del proceso mediante la reducción de la variabilidad innecesaria.

La minería de procesos se centra en el descubrimiento de caminos de atención seguidos por los pacientes, de los aspectos de organización y de la información relacionada con el rendimiento, aspecto que demuestra la diversidad de técnicas de minería de procesos disponibles (Mans, et al., 2015). La minería de redes sociales, el análisis de rendimiento, conformidad, descubrimiento de ruido y desviaciones pueden descubrir las anomalías y la variabilidad, con el fin de ayudar a las organizaciones de salud a tomar mejores decisiones desde el análisis de procesos. También es posible determinar el tiempo total que demora la atención a un paciente y los servicios médicos que

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos*

---

representan cuellos de botella, que interrumpen el funcionamiento de otros procesos dentro de las instituciones sanitarias. (Cruz, et al., 2014)

Los mayores retos para la aplicación de la minería de procesos para los procesos de atención son su complejidad, heterogeneidad, su carácter multidisciplinario, su cambio constante, y los datos de registro de los sistemas de TI<sup>8</sup>. Al mismo tiempo, todavía hay muchas actividades manuales que no son observables. Por otra parte, las entradas de datos a menudo se hacen manualmente después que se ha producido realmente una actividad. Con el tiempo, los sistemas de información del hospital van a evolucionar, y con el aumento de la integración y la automatización, la disponibilidad de datos y la calidad va a mejorar. (Rozinat, 2011a)

Posibles beneficios y desafíos de aplicar la minería de procesos en un sector crítico de la sociedad, como lo es la atención sanitaria son tratados por (van der Aalst, et al., 2011). En investigaciones realizadas, se evidencia que es una tecnología novedosa y efectiva para la obtención y análisis de procesos hospitalarios. Su uso en casos reales de procesos de ginecología y oncología (Mans, et al., 2008) permitió optimizar, a partir de un gráfico de puntos, la trayectoria de los pacientes por el proceso de atención. Tras descubrir horarios de mayor afluencia en el área de Emergencias permitió controlar y destinar recursos a este servicio. (Webster, 2011) investigó sobre la gestión de los procesos de negocios en las Hojas Clínicas Electrónicas (EHR, por sus siglas en inglés), donde se demostró la importancia de la minería de procesos como un nuevo método para mejorar los procesos de cuidado a pacientes. Rebuge y Ferreira realizaron un estudio referente a la aplicación de minería de procesos a sistemas de información de hospitales en Lisboa. Se analizaron los flujos de atención a pacientes del área de emergencia, que involucran actividades que comprenden el orden de prioridad, tratamientos, diagnósticos, exámenes médicos, y seguimiento. (Rebuge, et al., 2011)

En el CESIM se desarrollan investigaciones (Orellana, Ramírez y Armenteros, 2015), (Orellana y Pereiras, 2015), (Orellana, Larrea y Pérez, 2015) y (Orellana y Ledesma, 2015) sobre los beneficios que brinda la aplicación de la minería de procesos en el sector de la salud. Hasta el momento las investigaciones han estado dirigidas a la etapa de descubrimiento.

## **1.1.4. Registro de eventos**

---

<sup>8</sup> TI: tecnologías de información.

# Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos

---

En el Manifiesto sobre minería de procesos (IEEE Task Force On Process Mining, 2011) se define *evento* como una acción almacenada en el *registro*, por ejemplo, el inicio, conclusión o cancelación de una actividad para una instancia particular de un proceso.

Cada evento en un registro utiliza un identificador mientras cada atributo de los eventos puede ayudar a extender el modelo con información extra, tales como el recurso que ejecuta o inicia la actividad, la marca de tiempo del evento, o elementos de datos registrados con el evento. Dependiendo de la cantidad o tipo de información disponible será la perspectiva que se podrá asumir y la información que se podrá extraer.

El punto de partida para cualquier actividad de minería de procesos son los *eventos registrados*. Con esto se refiere a colecciones de eventos como *registros de eventos*, sin embargo, esto no implica que los eventos deban estar almacenados en archivos de registros dedicados. Los eventos podrían estar almacenados en tablas de bases de datos, registros de mensajes, archivos de correo, registros de transacciones, y otras fuentes de datos. (IEEE Task Force On Process Mining, 2011).

## 1.1.5. Modelado de procesos

La *modelación de procesos* es la documentación, el análisis y diseño de la estructura de procesos de negocios, sus relaciones con los recursos necesitados para implementarlos y el ambiente en el cual van a ser usados. (Rodríguez, 2009)

Otros autores plantean que el *modelado de procesos* es la representación de un esquema teórico simplificado a partir de técnicas y herramientas especializadas, de las evidencias reales de ejecución de un sistema o de una realidad compleja, con el fin de facilitar su comprensión y el análisis de su comportamiento. (Orellana, 2015)

Por otra parte, (van der Aalst, et al., 2011) plantea que el *modelado de procesos* provee una vista de la realidad en las empresas y que estos pueden ser vistos como *mapas* pues permiten conocer todas las etapas del proceso.



# Capítulo 1: *Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos*

---

Los autores de la presente investigación se basan para la realización de la misma, en la definición de modelado de procesos dada por (Orellana, 2015) debido a que es la que se adecua a los modelos que son representados en el sistema XAVIA HIS.

## **1.1.6. Interpretación de modelos de procesos**

Según (van der Aalst, et al., 2011) la *interpretación de modelos de procesos* constituye uno de los retos actuales de la minería de procesos, pues no se cuenta con elementos suficientes para brindar información clara de los modelos generados de la ejecución real de los procesos, que faciliten la toma de decisiones en las empresas.

La comprensión y correcta *interpretación de los modelos de procesos*, han sido tratadas en la literatura, como desafíos para el análisis del comportamiento de los mismos en sistemas informáticos. El diseño visual del modelo constituye un factor primordial para su análisis, Recker ha realizado investigaciones de cómo pueden ser diseñados los modelos de procesos para maximizar su comprensión. (Recker et al., 2014)

Se han identificado factores que afectan el entendimiento del modelo de proceso tales como: propósito del modelo, notación de modelado, presentación visual, y complejidad del modelo de proceso. Adicionalmente, se han analizado características del modelo que afectan su comprensión, como son: el diseño de los constructores gramaticales, el resaltado de colores, la utilización de la modularización, y el estilo gramatical de las etiquetas de texto. (Pérez, 2014)

Los autores de la presente investigación asumen como reto facilitar la interpretación de los modelos de procesos para instituciones hospitalarias, a partir de los registros de eventos disponibles en los sistemas de información de salud, brindando información auxiliar que favorezca la comprensión.

## **1.2. Herramientas existentes para el modelado de procesos**

Existen múltiples herramientas a nivel mundial que permiten el modelado y análisis de los procesos, estas son: Disco, ProM y PPMChart. Ha de señalarse que otras herramientas permiten el modelado, sin embargo no son tomadas en consideración pues algunas no pertenecen al campo de la minería de procesos, y otras a pesar de pertenecer a este campo, no interpretan de ninguna forma los

# Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos

---

modelos que generan, al contrario de las mencionadas anteriormente que sí realizan básicamente estas interpretaciones, pero no la realizan en lenguaje natural, por lo que no es comprensible por usuarios no expertos en minería de procesos, siendo este el principal objetivo a lograr por los autores de la presente investigación. En Cuba, no existen evidencias de que haya herramientas capaces de interpretar modelos de procesos.

## 1.2.1. Disco

Es una solución desarrollada y distribuida por *Fluxicon*, y tiene fines comerciales, además posee una licencia comercial y académica. Sin embargo, presenta una buena alternativa para personas que tienen conocimientos básicos de minería de procesos, pero que no son necesariamente expertas, debido a que concentra las mejores técnicas (se basa en *Fuzzy Mining*). Permite simular, usar distintos niveles de generalización y tiene una interfaz de usuario atractiva e intuitiva. (van der Aalst, et al., 2009)

**Funcionalidades de Disco:** (Rozinat, 2012)

1. Resumen estadísticas (Número de eventos, casos, actividades, recursos y atributos; inicio y marca de hora final del registro)
2. Resumen gráficos con superposición interactiva
  - Eventos en el tiempo
  - Casos activos en el tiempo
  - Variantes de casos
  - Duración de los Casos (tiempo de producción)
  - La duración media de las actividades
  - La media de los tiempos de espera
3. Lista de los casos con número de eventos, marca de tiempo de inicio, fin y la duración.
4. Lista de variantes con número de casos, el número de eventos, duración media y el rango duración.

# Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos

---

5. Actividad, recursos, que atribuyen estadísticas (número de valores; mínima, máxima y media de frecuencia; desviación estándar de frecuencia).
6. Actividad y de recursos gráficos con superposición interactiva.
  - Frecuencia
  - La media de duración
  - Gama duración
  - Duración total
7. Vista detallada de la tabla con la lista ordenada de actividades / recursos y su frecuencia absoluta y relativa, duración media y el rango de duración.

## 1.2.2. Marco de Trabajo ProM

Es una herramienta genérica, de código abierto que agrupa las principales técnicas desarrolladas en la minería de procesos. Su desarrollo es impulsado por la Universidad Tecnológica de Eindhoven, Holanda, donde se encuentra el grupo de investigación más destacado en el área. ProM tiene una arquitectura que permite ir agregando progresivamente nuevos plugins<sup>9</sup>. Soporta una amplia gama de modelos de flujo de control, incluyendo varios tipos de redes de Petri<sup>10</sup>. Es compatible con modelos para representar las reglas, las redes sociales y estructuras organizacionales. (Yzquierdo, 2013)

Múltiples plugins están disponibles para cada una de las actividades que se muestran en este marco de trabajo, por ejemplo, hay docenas de plugins para descubrir y comprobar la conformidad de los modelos de procesos. Recientemente se han desarrollado plugins para apoyar la detección, predicción y recomendación de actividades. (Yzquierdo, 2013)

## 1.2.3. PPMChart

Es una herramienta comercial creada bajo la suposición de que es posible grabar datos en cada operación de modelado (por ejemplo, crear evento de inicio, generar actividad, mover la actividad).

---

<sup>9</sup> Un plugin es aquella aplicación que, en un programa informático, añade una funcionalidad adicional o una nueva característica al software.

<sup>10</sup> Red Petri: es un grafo orientado con dos tipos de nodos: lugares (representados mediante circunferencias) y transiciones (representadas por segmentos rectos verticales).

# Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos

---

Además del nombre de cada operación, la visualización necesita dos atributos más: el identificador del elemento modelo en que la operación fue realizada y la fecha y hora de la ejecución de la operación. Posiblemente otros atributos registrados (como la posición de un elemento modelo) son ignorados por la visualización. (Claes, 2012)

El eje horizontal representa predeterminadamente un intervalo de tiempo de una hora. Verticalmente, cada línea representa un elemento del modelo de proceso, ya presentes en el modelado. El identificador del elemento modelo aparece al principio de la línea. Cada punto de color en la línea representa una operación realizada en el elemento: (Claes, 2012)

- El color del punto se corresponde con el tipo de operación: crear (verde), mover (azul), borrar (rojo) y renombrar (naranja).
- La sombra del color y la forma del punto, se corresponden con el tipo de elemento modelo: actividad (brillante, caja), eventos (muy clara, círculo) y *gateway* (oscura, diamante)
- La posición del punto en la línea de tiempo se corresponde con el momento en que la operación fue ejecutada.

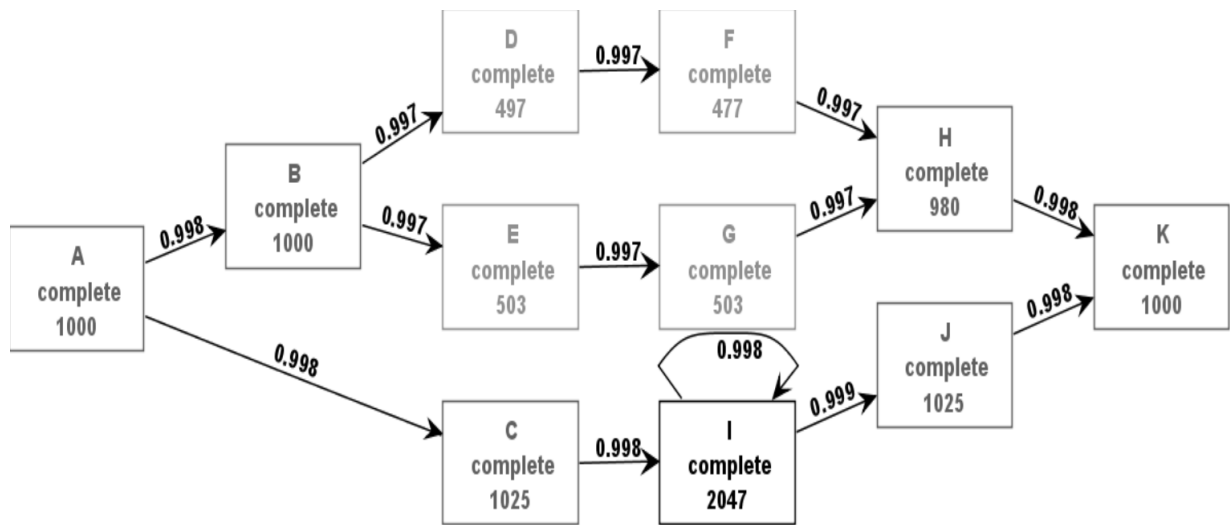
El usuario puede configurar el orden en que se presentan las líneas de tiempo. El orden predeterminado de líneas se corresponde con el orden lógico desde el evento de inicio hasta el evento final de los elementos en el modelo de proceso. (Claes, 2012)

## **Resultado del análisis realizado a las herramientas existentes:**

Un análisis documental realizado (Claes, 2012), (Yzquierdo, 2013), (Rozinat, 2012), (Pérez, 2014), (Recker et al., 2014), (van der Aalst, et al., 2011), (van der Aalst, et al., 2004) y (Orellana, 2015) sobre el uso de las herramientas existentes y la interpretación de los modelos de procesos que generan, concluye que no dan una interpretación clara en lenguaje natural de la información que brindan del proceso, incidiendo en esto, factores como el propósito del modelo, la notación de modelado, la presentación visual, y la complejidad del modelo de proceso.

# Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos

Para corroborar esta conclusión, la *Figura 3* muestra una red heurística que constituye un modelo de proceso generado por la herramienta ProM, el cual carece de información que facilite la correcta interpretación al no aprovecharse de datos asociados a los registros de eventos, no aplicar una escala de colores para diferenciar las actividades y no contar con una leyenda con los principales elementos representados en el modelo.



**Figura 3.** Modelo de proceso representado mediante una red heurística.

**Fuente:** (Weijters & Ribeiro, 2011)

## 1.3. Ambiente de desarrollo

A continuación se describen las herramientas, tecnologías y lenguajes a utilizar en el proceso de desarrollo del componente propuesto.

### 1.3.1. Lenguajes

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras. Pueden usarse para crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina, para expresar algoritmos con precisión, o como modo de comunicación humana. (Leslie B., 1993)

# Capítulo 1: *Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos*

---

## **1.3.1.1. Lenguaje de programación: Java v7.0**

El lenguaje de programación **Java** es robusto, multiplataforma. Tiene muchas similitudes con el lenguaje C y C++. La principal característica de Java es la de ser un lenguaje compilado e interpretado. Todo programa en Java ha de compilarse y el código que se genera es interpretado por una máquina virtual (The Apache Software Foundation, 2012). Permitirá la creación e implementación de las clases controladoras.

## **1.3.2. Tecnologías a utilizar**

Para el desarrollo del componente, se propone un conjunto de tecnologías que cumplen con las políticas de independencia tecnológica definidas en Cuba para la informatización de la sociedad cubana.

### **1.3.2.1. Java Server Faces (JSF) v1.2**

Java Server Faces (JSF) es un marco de trabajo que define un modelo de componentes de interfaz de usuario y de eventos. Permite manejar el estado de los componentes de usuario, manejar sus eventos, la validación y conversión del lado del servidor y centralizar la navegabilidad de las páginas de la aplicación. JSF es el marco estándar que proporciona Java para construir aplicaciones web, sigue el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC), proporcionando una manera de validar datos, llamar a reglas de negocio, y devolver los resultados al cliente (Java Server Faces, 2012). Será utilizada en la Vista, para el desarrollo de las páginas XHTML.

### **1.3.2.2. Java Platform Enterprise Edition (JavaEE) v5.0**

Java versión 5 o JEE 5 es una plataforma de programación (parte de la Plataforma Java) para desarrollar y ejecutar software de aplicaciones en lenguaje de programación Java con arquitectura de N niveles distribuida (Franky, 2010). Se basa ampliamente en componentes de software modulares y se ejecuta sobre el servidor de aplicaciones utilizado para el desarrollo del componente.

### **1.3.2.3. Java Persistence API (JPA)**

# Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos

---

JPA proporciona un modelo de persistencia basado en la programación orientada a objeto para mapear bases de datos relacionales en Java. El *Java Persistence API*<sup>11</sup> fue desarrollado por el grupo de expertos de EJB 3.0 como parte de JSR 220, aunque su uso no se limita a los componentes del software EJB. También puede utilizarse directamente en aplicaciones web y aplicaciones clientes; incluso, fuera de la plataforma Java EE. (Vázquez, 2006)

## 1.3.2.4. *Hibernate v3.3*

*Hibernate* es un marco de trabajo de persistencia para Java de libre distribución que facilita el mapeo de atributos entre una base de datos relacional y el modelo de objetos de una aplicación. Proporciona un potente lenguaje de consultas denominado *Hibernate Query Language* (HQL) (Scribd, 2012). Se utilizará en el Modelo como herramienta de mapeo objeto-relacional.

## 1.3.2.5. *SEAM v2.1*

SEAM es un marco de trabajo que integra la capa de presentación (JSF) con la capa de negocios y persistencia (EJB), funcionando, según versa su significado en español, como una “costura” entre estos componentes. Es una potente plataforma de desarrollo de código abierto para construir aplicaciones ricas de Internet en Java. *Seam* integra tecnologías como *JavaScript* asíncrono y XML (AJAX), *JavaServer Faces* (JSF), *Java Persistence API* (JPA), *Enterprise Java Beans* (EJB 3.0) y *Business Process Management* (BPM) (Álvarez, 2013). Permitirá la integración entre los componentes visuales y los de acceso a datos.

## 1.3.2.6. *Java Runtime Environment (JRE)*

*JRE* es el acrónimo de *Java Runtime Environment* (entorno en tiempo de ejecución Java) y se corresponde con un conjunto de utilidades que permiten la ejecución de programas java sobre todas las plataformas soportadas. JVM (máquina virtual Java) es una instancia de JRE en tiempo de ejecución. Este interpreta el código Java y está compuesto además por las librerías de clases estándar que implementan el API de *Java*. Ambas JVM y API deben ser consistentes entre sí, de ahí que sean distribuidas de modo conjunto. (Lucifer, 2010)

---

<sup>11</sup> API (Application Programming Interface): es una llave de acceso a funciones que permite hacer uso de un servicio web provisto por un tercero, dentro de una aplicación web propia, de manera segura.

# Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos

---

## 1.3.2.7. Jboss Server v8.0

*Jboss Server* es un servidor de aplicaciones J2EE de código abierto implementado en Java puro. Al estar basado en Java, *JBoss* puede ser utilizado en cualquier sistema operativo para el que esté disponible Java. Proporciona una herramienta útil para el desarrollo y despliegue de aplicaciones Java, aplicaciones Web y portales. *JBoss* puede ser descargado, utilizado, incrustado y distribuido sin restricciones por la licencia (Consejería de Hacienda y Administración Pública, 2014). Permitirá la publicación de las páginas XHTML.

## 1.3.2.8. Facelets v1.1

Facelets es un *framework* simplificado de presentación, donde es posible diseñar de forma libre una página web y luego asociarle los componentes JSF específicos. Aporta mayor libertad al diseñador y mejora los informes de errores que tiene JSF (Sánchez, 2008). Será utilizado como motor de plantillas en la Vista.

## 1.3.2.9. RichFaces v3.3.1

Es una biblioteca de componentes web enriquecidos, de código abierto y basada en el estándar *Java Server Faces* (JSF). Provee facilidades de validación y conversión de los datos proporcionados por el usuario, administración avanzada de recursos como imágenes, código *Javascript* y Hojas de Estilo en Cascada (CSS) (Gaguancela, V. D., 2012). Permitirá crear interfaces de usuario modernas de manera rápida, basadas en los componentes listos para usar, altamente configurables en cuanto a temas predefinidos por el propio marco de trabajo o desarrollados a conveniencia. Específicamente en el componente a desarrollar, *Richfaces* permitirá la visualización de la información.

## 1.3.2.10. Enterprise Java Beans (EJB) v3.0

Es un componente utilizado en Java que permite agrupar funcionalidades para formar parte de una aplicación, esto puede ser: un "*Java Bean*"<sup>12</sup> agrupando información personal, datos sobre un pedimento, requerimientos de órdenes, entre otros. Permite realizar la administración automática de transacciones, seguridad, escalabilidad, concurrencia, distribución, acceso a ambientes portables y persistencia de datos. Incorpora el estándar JPA como el principal API de persistencia para

---

<sup>12</sup> Java Bean: es un modelo de componentes creado por Sun Microsystems para la construcción de aplicaciones en Java.



# *Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos*

---

aplicaciones EJB3. Su objetivo es simplificar el desarrollo de aplicaciones Java y estandarizar el API de persistencia para la plataforma *Java*. Forma parte de la especificación JEE 5. (Rondón, L., 2009)

### **1.3.3. Herramientas a utilizar**

A continuación se describe un conjunto de herramientas necesarias para la implementación del componente a desarrollar y el control y gestión de los datos que se generan.

#### **1.3.3.1. Entorno Integrado de Desarrollo JBoss Developer Studio v8.0**

JBoss Developer Studio proporciona un rendimiento superior para todo el ciclo de vida de desarrollo. Incluye un amplio conjunto de funciones de herramientas y soporte para múltiples modelos y marcos de programación, como Java™ Enterprise Edition 6, RichFaces, JavaServer Faces (JSF), Enterprise JavaBeans (EJB), Java Persistence API (JPA), Hibernate, HTML5, y muchas otras tecnologías populares. Está totalmente probado y certificado para asegurar que todos sus plugins, componentes de tiempo de ejecución, y sus dependencias son compatibles («JBoss Developer Studio - Overview», 2014). Será utilizado como plataforma de desarrollo.

#### **1.3.3.2. Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) PostgreSQL v8.0**

Un sistema gestor de base de datos se define como el conjunto de programas que administran y gestionan la información contenida en una base de datos (Álvarez, 2013). Como Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) se utiliza PostgreSQL 9.3.3 que es un conjunto de programas no visibles al usuario final que se encargan de la privacidad, la integridad, la seguridad de los datos y la interacción con el sistema operativo (Oquendo, 2011). Por las características antes mencionadas y por ser de amplia utilización en la universidad, se decidió utilizar este sistema.

#### **1.3.3.3. PgAdmin v3.0**

PgAdmin es una herramienta de código abierto para la administración de bases de datos PostgreSQL y derivados. Facilita la gestión y administración de bases de datos ya sea mediante instrucciones del lenguaje de consulta estructurado (SQL, por sus siglas en inglés) o con ayuda de un entorno gráfico. Permite acceder a todas las funcionalidades de la base de datos; consulta, manipulación y gestión de

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica para la interpretación de modelos de procesos*

---

datos, incluso opciones avanzadas como manipulación del motor de replicación Slony-I<sup>13</sup>. Está disponible en más de una docena de lenguajes y para varios sistemas operativos incluyendo Microsoft Windows, Linux, FreeBSD, Mac OSX y Solaris («pgAdmin», 2015). Será utilizada para la administración de la base de datos.

- ✓ Este ambiente de desarrollo ha sido seleccionado a partir de que el componente a desarrollar forma parte de un Sistema de Información Hospitalaria que tiene definidas las herramientas, tecnologías y lenguajes para su desarrollo.

## **Conclusiones del capítulo**

Se han definido los conceptos y el ambiente de desarrollo necesarios para la realización de la investigación y el posterior desarrollo del componente. Las herramientas analizadas no permiten una correcta interpretación de los modelos de procesos que son generados, pues se han identificado factores que afectan el entendimiento del modelo de proceso y la toma de decisiones en las instituciones.

---

<sup>13</sup> Slony-I: replicación maestro esclavo.

### **Capítulo 2: Propuesta de solución**

El objetivo de este capítulo es describir la propuesta de solución, así como detallar los patrones, arquitectónico y de diseño, utilizados. Además se abordan los elementos fundamentales del componente a desarrollar y las etapas de su integración al sistema XAVA HIS.

#### **2.1. Características del sistema**

Para abordar los elementos fundamentales de la propuesta de solución, se hace necesario conocer primeramente las características del sistema XAVIA HIS al cual será integrado el componente a desarrollar, para así conocer las métricas a seguir en el proceso de desarrollo.

El sistema XAVIA HIS permite la recolección, almacenamiento, procesamiento, recuperación y comunicación de información de atención al paciente para todas las actividades relacionadas con la institución de salud. Como sistema de información posee un número considerable de datos almacenados, entre los que se encuentran los datos de eventos, que son aprovechados al ser convertidos en información útil para la toma de decisiones. La información que se gestiona en el sistema está orientada a datos (DAIS) y a procesos (PAIS). La existencia de procesos definidos en el sistema permite la aplicación de técnicas de minería de procesos para el análisis de su ejecución y la toma de decisiones. Entre los procesos que tiene implementado el sistema XAVIA HIS se encuentran: solicitud de interconsulta hospitalaria y transferencia hospitalaria pertenecientes al módulo Hospitalización; los procesos distribuir productos, productos de proveedores, desincorporar productos, procesar solicitudes y solicitar productos pertenecientes al módulo Almacén; y el proceso interconsultas perteneciente al módulo Epidemiología. (CESIM, 2014)

Cuenta con un componente para la extracción y transformación de las trazas de ejecución. Este componente se encarga de extraer la información de la ejecución de las actividades de proceso y con esta información, generar los registros de eventos que son analizados por las técnicas existentes para el modelado de procesos. La solución propuesta se integra a estas técnicas con la finalidad de mejorar la interpretación de los modelos que generan, tomando como punto de partida los registros de eventos contenidos en el sistema y haciendo uso para su desarrollo de las herramientas, lenguaje y tecnologías abordadas en el capítulo 1.

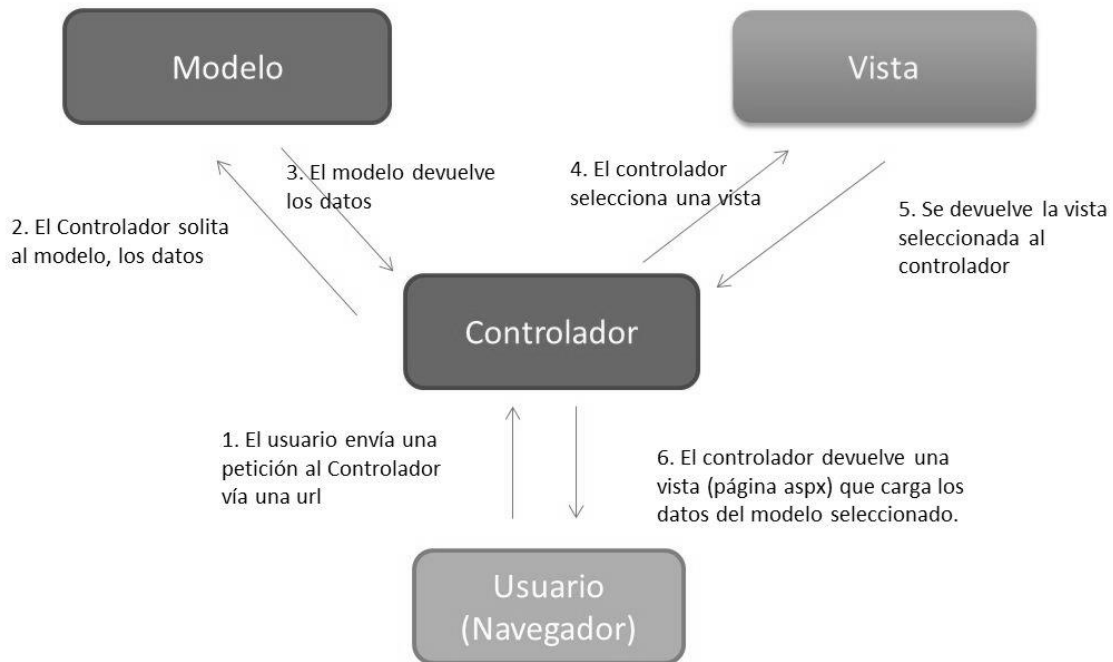
##### **2.1.1. Descripción de la arquitectura**

Los patrones arquitectónicos, o patrones de arquitectura, son patrones de diseño de software que ofrecen soluciones a problemas de arquitectura de software en ingeniería de software. Dan una descripción de los elementos y el tipo de relación que tienen, junto con un conjunto de restricciones sobre cómo pueden ser usados. Un patrón arquitectónico expresa un esquema de organización estructural, esencial para un sistema de software que consta de subsistemas, sus responsabilidades e interrelaciones. (Jacobson, 2009)

En el desarrollo del componente para la interpretación de modelos de procesos, se utiliza el patrón arquitectónico *Modelo-Vista-Controlador (MVC)* debido a que divide la aplicación en tres capas diferentes facilitando así la realización de la solución, al separar el manejo de los datos, la presentación visual y el intérprete como se explica a continuación:

- ✓ **Modelo:** el modelo administra el comportamiento y los datos del dominio de la aplicación, responde a requerimientos de información sobre su estado y responde a instrucciones de cambiar el estado (González, Y.D. y Romero, Y.F., 2012). En la propuesta de solución se utiliza Hibernate como herramienta de mapeo objeto-relacional, que es la implementación para Enterprise Java Beans y el API para la persistencia de java o JPA.
- ✓ **Vista:** maneja la visualización de la información. Están contenidas las páginas cliente, bibliotecas y marcos de trabajo encargados de esta tarea (González, Y.D. y Romero, Y.F., 2012). Está constituida por las páginas XHTML (**EX**tensible **HyperText Markup Language**) del componente desarrollado, y se desarrollan básicamente con Java Server Face, usando la librería de componentes Richaface y ajax para Java Server Face, Facelets como motor de plantillas.
- ✓ **Controlador:** interpreta las acciones del usuario informando al modelo y/o a la vista para que cambien según resulte apropiado (González, Y.D. y Romero, Y.F., 2012). Se utiliza Seam como framework de integración entre los componentes visuales y los de acceso a datos, o sea, entre la Vista y el Modelo.

Tanto la vista como el controlador dependen del modelo, y este no depende de las otras capas. Esta separación permite construir y probar el modelo independientemente de la representación visual.



**Figura 4.** Funcionamiento de una aplicación MVC.

**Fuente:** (González, Y.D. y Romero, Y.F., 2012).

### 2.1.2. Patrones de diseño

Un patrón es una descripción, que se codifica en un formato estructurado, de un problema y su solución que recibe un nombre y que puede emplearse en otros contextos; en teoría, indica la manera de utilizarlo en circunstancias diversas. Muchos patrones ofrecen orientación sobre cómo asignar las responsabilidades a los objetos ante determinadas situaciones. (Larman, 2003)

#### 2.1.2.1. Patrón de diseño GRASP

Los Patrones de Software de Asignación de Responsabilidades (GRASP por sus siglas en inglés), son aquellos que describen los principios fundamentales de la asignación de responsabilidades a objetos (Almaguer, 2011). Ha sido necesario establecerlos, pues facilitan el mantenimiento del componente, y lo convierte en una solución robusta y entendible al crear un exitoso diseño. A

continuación se describen tres patrones GRASP que se tuvieron en cuenta para el diseño de la solución:

**Patrón creador:** el patrón creador ayuda a identificar quién debe ser el responsable de la creación (o instanciación) de nuevos objetos o clases. La nueva instancia deberá ser creada por la clase que: tiene la información necesaria para realizar la creación del objeto, usa directamente las instancias creadas del objeto, almacena o maneja varias instancias de la clase o contiene o agrega la clase. Una ventaja es el bajo acoplamiento, lo cual supone facilidad de mantenimiento y reutilización (Almaguer, 2011). Esto se evidencia en la clase Controlador.java, encargada de crear las instancias de la clase Analisis.java.

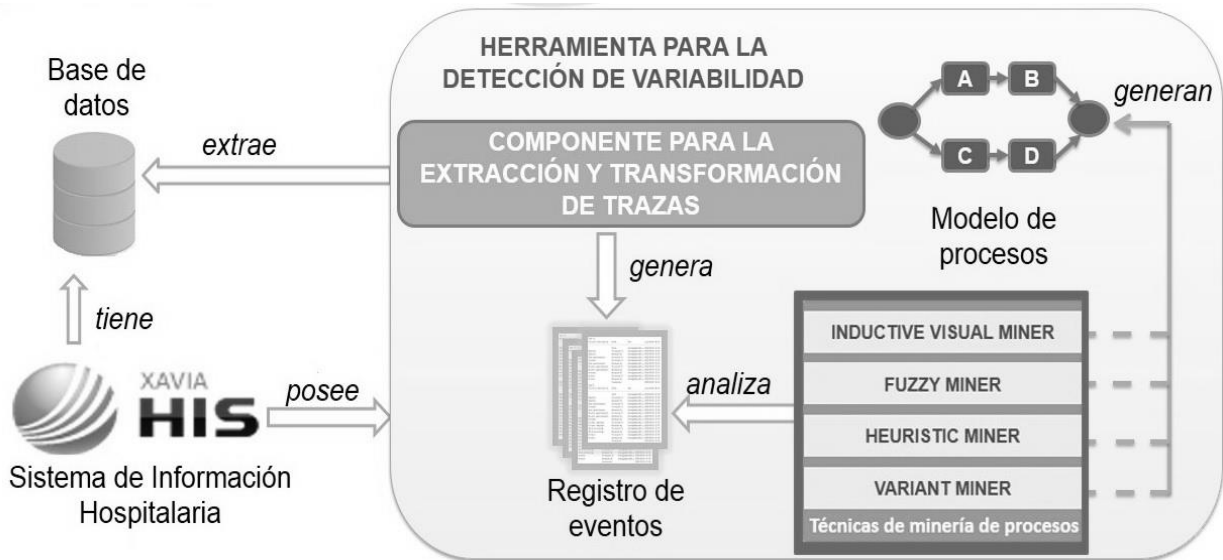
**Patrón alta cohesión:** los conceptos de cohesión y acoplamiento están íntimamente relacionados. Un mayor grado de cohesión implica un menor de acoplamiento. Plantea que la información que almacena una clase debe de ser coherente y debe estar (en la medida de lo posible) relacionada con la clase (Almaguer, 2011). El uso de este patrón se muestra en la clase Analisis.java, donde se separa la lógica del análisis de los registros en varias actividades o métodos.

**Patrón bajo acoplamiento:** es la idea de tener las clases lo menos ligadas entre sí. De tal forma que en caso de producirse una modificación en alguna de ellas, se tenga la mínima repercusión posible en el resto de clases, potenciando la reutilización, y disminuyendo la dependencia entre las clases (Almaguer, 2011). El empleo de este patrón se logra en el desarrollo de las clases Controlador.java y Analisis.java, pues se le asignaron las responsabilidades tratando de que fueran lo menos dependientes posible entre ellas, con el fin de que si es necesario realizar alguna modificación, la afectación a las demás clases sea mínima.

### 2.2. Flujo de información de la herramienta para detectar variabilidad

El sistema XAVIA HIS del CESIM cuenta con una base de datos de donde se extrae la información necesaria por el componente para la extracción y transformación de las trazas con que cuenta el centro y que forma parte de la herramienta existente para la detección de la variabilidad. A través de este componente se generan los registros de eventos que almacenan la información de los procesos que se desarrollan en las instituciones hospitalarias y que son analizados por las técnicas de la minería de procesos: *Inductive visual Miner* para el análisis de tiempo, *Fuzzy Miner* para el análisis de frecuencia en los procesos, *Heuristics Miner* para obtener una vista global del proceso y análisis de

caminos comunes, así mismo, fue desarrollado una personalización de *Variants Miner*, aplicándole la perspectiva temporal de minería de procesos, para obtener las variantes alternativas de la ejecución de un proceso. La propuesta de solución permite interpretar los modelos generados a partir de las técnicas anteriormente mencionadas (ver Figura 5).



**Figura 5.** Flujo de información del uso de la herramienta para la detección de variabilidad.

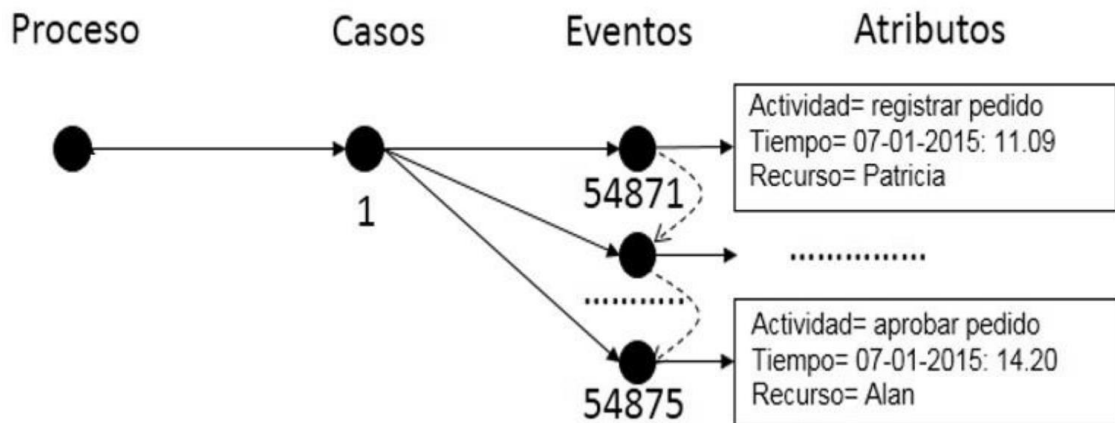
**Fuente:** Adaptado de (Orellana, 2015)

### 2.3. Características de los registros de eventos

La mayoría de los sistemas de información modernos utilizan mecanismos para registrar la ejecución real de los procesos, poseen un registro de trazas el cual es el punto de partida de la minería de procesos.

Las técnicas de minería de procesos asumen que es posible registrar eventos secuencialmente, donde cada proceso está compuesto por casos que no son más que instancias del mismo (ver figura 6). (van der Aalst, et al., 2011)

Una **instancia de un proceso**, en el ámbito de la minería de procesos, hace referencia a la entidad siendo ejecutada por el proceso que es analizado. Los eventos se refieren a instancias del proceso. A su vez, un **evento** expresa el estado de una actividad para una instancia particular de un proceso, i.e., el inicio, conclusión o cancelación de una actividad (van der Aalst, et al., 2011). El **registro de eventos** es la colección de eventos utilizados como entrada para la minería de procesos. Los eventos no necesitan ser almacenados en un archivo de registro por separado (i.e., los eventos pueden estar dispersos en diferentes tablas de bases de datos).



**Figura 6.** Resumen de un registro de eventos.

**Fuente:** (Orellana, 2015).

Los casos y cada evento en un registro utilizan un identificador mientras que cada atributo de los eventos puede ayudar a extender el modelo con información extra. Dependiendo de la cantidad o tipo de información disponible será la perspectiva que se podrá asumir y la información que se podrá extraer. En la *Figura 7* se expone un ejemplo de un registro de eventos donde se puede observar los identificadores y los atributos de los eventos.



| Id del caso | Id del evento | Propiedades      |                               |         |               |     |
|-------------|---------------|------------------|-------------------------------|---------|---------------|-----|
|             |               | Marca de tiempo  | Actividad                     | Recurso | Ciclo de vida | ... |
| 1           | 21223         | 20-03-2014:11.09 | Crear hoja clínica            | Juan    | Completado    | ... |
|             | 21224         | 22-03-2014:09.21 | Realizar Consulta             | Manuel  | Completado    | ... |
|             | 21225         | 22-03-2014:12.10 | Realizar Rayos X              | Jorge   | Completado    | ... |
|             | 21226         | 25-03-2014:10.16 | Realizar Tomografía           | Antonio | Completado    | ... |
|             | 21227         | 17-05-2014:08.33 | Actualizar hoja clínica       | Juan    | Completado    | ... |
| 2           | 21234         | 20-03-2014:14.12 | Crear hoja clínica            | Juan    | Completado    | ... |
|             | 21235         | 24-05-2014:10.21 | Solicitar hemodiálisis        | María   | Completado    | ... |
|             | 21236         | 06-06-2014:08.20 | Actualizar hoja clínica       | Juan    | Iniciado      | ... |
| 3           | 21251         | 22-03-2014:09.22 | Solicitar insumos quirúrgicos | Carlos  | Completado    | ... |
|             | 21252         | 14-04-2014:08.27 | Ver detalles de solicitud     | Pedro   | Completado    | ... |
|             | 21253         | 14-04-2014:08.48 | Modificar pedido              | Pedro   | Completado    | ... |
|             | 21254         | 14-04-2014:15.03 | Aprobar Solicitud             | Ronal   | Completado    | ... |
|             | 21255         | 15-04-2014:09.01 | Despachar insumos             | Abel    | Completado    | ... |

**Figura 7.** Ejemplo de un registro de eventos.

**Fuente:** (Orellana, 2015).

Para formalizar la estructura de los registros de eventos a utilizar en la minería de procesos se han definido dos estándares: *Mining eXtensible Markup Language (MXML)* y *eXtensible Event Stream (XES)*. **MXML** es un formato basado en XML (*eXtensible Markup Language*, por sus siglas en inglés) para el intercambio de registros de eventos. MXML fue el primer estándar que surgió en el 2003 y fue adoptado por la herramienta de minería de procesos ProM. MXML establece una notación estándar para almacenar fechas, recursos y tipos de transacciones. XES en el 2010 reemplaza a MXML como el nuevo formato para minería de procesos independientemente de la herramienta que se utilice (van der Aalst, et al., 2011). Es un estándar basado en experiencias prácticas de MXML, menos restrictivo y verdaderamente extensible (ver figura 8).

Su principal propósito es ofrecer un formato de intercambio de registros de eventos entre herramientas y dominios de aplicaciones (W. Günther, 2009). En el sistema XAVIA HIS se utiliza el formato XES en los registros de eventos que son generados para aplicar las técnicas de la minería de procesos.

```
<trace>
  <string key="concepto:nombre" valor="3280"/>
  <string key="descripción" valor="Simulated process instance"/>
  <event>
    <string key="organizacional:recurso" valor="Root"/>
    <date key="tiempo:marca de tiempo" valor="2012-01-10T09:50:00.476.000+01:00"/>
    <string key="concepto:nombre" valor="ver_detalles_sol_bq"/>
    <string key="ciclo de vida:transición" valor="inicio"/>
  </event>
  <event>
    <string key="organizacional:recurso" valor="Root"/>
    <date key="tiempo:marca de tiempo" valor="2012-01-10T09:50:59.937.000+01:00"/>
    <string key="concepto:nombre" valor="ver_detalles_sol_bq"/>
    <string key="ciclo de vida:transición" valor="completado"/>
  </event>
</trace>
```

**Figura 8.** Ejemplo de un registro de eventos en formato XES.

**Fuente:** (Orellana, 2015).

Para asegurar un análisis de minería de procesos exitoso, además del formato de almacenamiento del registro de eventos se debe garantizar su **calidad**. La misma se define a partir de tres aspectos fundamentales: confiabilidad, completitud y seguridad. La **confiabilidad** consiste en que los eventos deben ser confiables, es decir, debería ser seguro asumir que los eventos registrados realmente ocurrieron y que los atributos de los eventos son correctos. La **completitud** se relaciona a que los registros de eventos deberían ser completos, dado un determinado contexto, no puede faltar ningún evento. Por otra parte los datos de eventos son **seguros** si se tienen en cuenta consideraciones de privacidad y seguridad al registrar los eventos. Otro aspecto que puede ser tomado en consideración es la **semántica bien definida**, relacionado con el significado de cada actividad. Es decir, que el nombre de la actividad en el registro represente una acción real del proceso y que al leer su nombre esté claro lo que significa en el dominio de la organización. (van der Aalst, et al., 2011). Actualmente, no existe una definición formal de cómo evaluar un registro en esos aspectos, en la bibliografía consultada se evidencia, según el criterio de varios autores, que la evaluación es de carácter subjetivo, pues se hace mediante *prueba y error* de los registros, recomendando analizarlos para

llegar a una conclusión. Luego de observados los registros de eventos del sistema XAVIA HIS se concluyó que: son **confiables**, porque los atributos de cada evento son correctos y estos eventos son ciertos, debido a que forman parte de la ejecución real de un proceso. Son **completos**, porque en ellos se representan todos los posibles comportamientos de los procesos del sistema. Todos los flujos definidos por los procesos que deben ejecutarse en la aplicación, fueron observados en el registro de eventos y son **seguros**, pues los usuarios han de registrarse para poder analizar los registros y el sistema es quien autoriza el manejo de los mismos.

### 2.3.1. Niveles de madurez

Existen cinco niveles de madurez de un registro de eventos que van desde excelente calidad (\*\*\*\*\*), en donde el registro de eventos es confiable y completo y los eventos están bien definidos, a mala calidad (\*), en donde los registros de eventos son de mala calidad y los eventos registrados pueden no corresponder a la realidad y pueden faltar eventos. (van der Aalst, et al., 2011)

Las técnicas de minería de procesos pueden ser aplicadas a registros de eventos en niveles \*\*\*\*\*, \*\*\*\* y \*\*\*. En principio, también es posible aplicar minería de procesos utilizando registros de eventos en niveles \*\* o \*. Sin embargo, el análisis de dichos registros de eventos es generalmente problemático y los resultados no son confiables. (van der Aalst, et al., 2011)

Para obtener beneficios de la minería de procesos, las organizaciones deben apuntar a registros de eventos en el nivel de calidad más alto posible (van der Aalst, et al., 2011). El sistema XAVIA HIS tiene un nivel de madurez \*\*\*\*, porque almacena los datos del proceso a partir del motor de flujo jbpmm garantizando el almacenamiento de los mismos conteniendo las instancias del proceso.

### 2.3.2. Extensiones de XES

Para las trazas y eventos pueden ser definidos dos tipos de atributos. El primer tipo son esos atributos que pueden ser especificados para trazas y eventos. Algunos de estos atributos son requeridos por algoritmos de minería de procesos. La mayoría de estos atributos son definidos por las cinco extensiones estándar de XES. El segundo tipo de atributo son los atributos de datos. Los atributos de datos almacenan información adicional acerca del objeto al cual la traza se refiere o la

actividad ejecutada. Algunos algoritmos requieren atributos específicos en el registro de eventos. (Orellana, 2015)

La extensión de XES más importante es la **concept**, pues especifica un nombre para el registro de eventos, la traza y los eventos. Proporcionando nombres a cada elemento es fácil y muy informativo y por eso siempre deben ser provistos. La extensión **concept** define un atributo —*instance*” para eventos. Este atributo representa un identificador de la instancia de la actividad que generó el evento. Incluyendo este atributo en el registro de eventos permite enlazar los eventos con los registros en la fuente de datos para futuros análisis. Otra extensión importante es la **time**. Esta extensión especifica el atributo que representa el instante de ocurrencia del evento. Mediante la grabación del instante de tiempo de ocurrencia del evento, los eventos pueden ser ordenados. Esto permite realizar análisis de duración y desempeño. (W. Günther, 2009)

Ahora que los eventos tienen nombre y fecha (instante de tiempo), es importante reconocer que los eventos pueden ser de diferentes tipos. Los tipos de eventos son proporcionados por la extensión **lifecycle**. Dos de los tipos de eventos más comunes son el —*iniciado*” y —*completado*”. Estos tipos de eventos indican el inicio y la completitud respectivamente de una actividad. Contando con estos dos tipos de eventos permite estimar tiempo de procesamiento y tiempo de espera en un análisis de desempeño. Otra dimensión del análisis de minería de procesos trata sobre la distribución del trabajo. Relacionando eventos, recursos o grupos de recursos, la distribución del trabajo entre las diferentes unidades puede ser visualizada. Además, las redes sociales pueden ser construidas para indicar qué actores trabajaron juntos en algunos casos entregando el trabajo, etc. También se pueden detectar a un grupo de actores desempeñando tareas similares. Para lograr un descubrimiento de estas redes, el actor o grupo que ejecutó el evento debe ser registrado con cada evento. Lo anterior se define como la extensión **organizational**. (W. Günther, 2009)

La última de las cinco extensiones estándares de XES es la **semantic**. Esta extensión agrega el atributo “*modelReference*” a todos los elementos en el registro de eventos. Dicho atributo se refiere a un modelo conceptual en una ontología (externa) que permite cambiar el nivel de detalle en el modelo de proceso mediante la expansión o el colapso de los nodos de eventos. (W. Günther, 2009)

### 2.4. Características de la propuesta de solución

Se hace necesario abordar las características fundamentales del componente a desarrollar con la finalidad de comprender el funcionamiento de la solución para su posterior integración al sistema XAVIA HIS. A continuación se detallan los elementos esenciales del componente para la interpretación de modelos de procesos.

### 2.4.1. Funcionalidades del sistema

Las funcionalidades del sistema son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema, de la manera en que este debe reaccionar a entradas particulares y de cómo se debe comportar en situaciones particulares. (Sommerville, 2005)

**Tabla 1.** Funcionalidades del componente para la interpretación de modelos de procesos.

| Funcionalidades   | Descripción   |
|---|---|
| Mostrar estado del proceso                              | Permite visualizar el estado (Iniciado, Completado, En espera) del proceso analizado.   |
| Mostrar tiempos de completado por instancia             | Muestra los tiempos (mínimo, máximo y promedio) en horas de ejecución de las instancias.  |
| Mostrar tiempos de espera por instancia                 | Muestra los tiempos de espera (mínimo, máximo y promedio) en días de las instancias.  |
| Graficar los tiempos de completado por instancia        | Muestra en un gráfico de barras los tiempos de completado en horas por instancia.   |
| Graficar los tiempos de espera por instancia            | Muestra en un gráfico de barras los tiempos de espera en días por instancia.  |
| Mostrar estadísticas del proceso                        | Muestra en una tabla las actividades del proceso, especificando cantidad de instancias comenzadas, cantidad de instancias finalizadas, en espera, tiempo mínimo en horas, tiempo máximo en horas, el promedio de ejecución y el trabajador más rápido y el más lento. |
| Mostrar trabajadores que más interactúan con el proceso | Permite visualizar un listado de los trabajadores que más interactúan con el proceso.   |

### 2.4.2. Elementos a tener en cuenta para el desarrollo de la solución

Para el desarrollo de la solución se utiliza la media aritmética<sup>14</sup> para transformar de milisegundos a días, horas, minutos y segundos y conocer el tiempo exacto en que se demoran las instancias de un proceso en terminar, basándose para ello en la siguiente fórmula de media aritmética:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

**Figura 9.** Fórmula de media aritmética.

**Fuente:** (Revista de Didáctica de las Matemáticas, 1995).

Además se utilizan operaciones básicas como la resta, la suma, la multiplicación, la división y el cálculo del máximo y mínimo valor, con la finalidad de desarrollar cada una de las funcionalidades.

#### 2.4.2.1. Extensiones de los registros de eventos usadas

Pueden existir otras extensiones y atributos que definan los atributos relacionados en un proceso. Las extensiones concept, lifecycle, organizational, time y semantic, capturan los atributos más frecuentemente usados. Al menos una parte de los atributos definidos por estas extensiones, deben ser especificados en el registro de eventos para que la minería de procesos se pueda aplicar exitosamente. (W. Günther, 2009)

En el sistema XAVIA HIS son utilizadas todas las extensiones excepto **semantic**. Para el desarrollo de la presente investigación se utilizarán las cuatro extensiones reconocidas por el XAVIA HIS.

### 2.4.3. Estándares de codificación

La adopción de estándares de estilo y codificación son de vital importancia para asegurar la calidad del software y su uso tiene innumerables ventajas: (Calleja, 2014)

---

<sup>14</sup> La **media aritmética** (también llamada **promedio** o simplemente **media**) de un conjunto finito de números es el valor característico de una serie de datos cuantitativos objeto de estudio que parte del principio de la esperanza matemática o valor esperado, se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.

- Asegurar la legibilidad del código entre distintos programadores, facilitando la depuración del programa.
- Proveer una guía para el encargado de mantenimiento/actualización del sistema, con código claro y bien documentado.
- Facilitar la portabilidad entre plataformas y aplicaciones.

Un código fuente completo debe reflejar un estilo armonioso, como si un único programador hubiera escrito todo el código de una sola vez. Si bien los programadores deben implementar un estándar de forma prudente, este debe estar bien definido a nivel departamental, por tanto, al comenzar un proyecto de software es necesario establecer un estándar de codificación único para asegurarse de que todos los programadores del proyecto trabajen de forma coordinada.

Las convenciones de código o estándares de codificación son importantes para los programadores por un gran número de razones (Calleja, 2014):

- El 80% del coste del código de un programa va a su mantenimiento.
- Casi ningún software es mantenido toda su vida por el autor original.
- Las convenciones de código mejoran la lectura del software lo que permite entender código nuevo de manera más óptima y rápida.
- Si distribuyes tu código fuente como un producto, necesitas asegurarte de que está bien hecho y presentado como cualquier otro producto.

A continuación se presentan algunos de los estándares de codificación definidos y aplicados al sistema: (Hommel, 2001)

- Se debe utilizar como idioma el español, las palabras no se acentuarán.
- Todos los ficheros fuentes deben comenzar con un comentario en el que se lista el nombre de la clase, información de la versión, fecha y copyright.
- Las líneas en blanco mejoran la facilidad de lectura separando secciones de código que están lógicamente relacionadas. Se deben usar siempre dos líneas en blanco en las siguientes circunstancias:
  - Entre las secciones de un fichero fuente.
  - Entre las definiciones de clases e interfaces.
- Se debe usar siempre una línea en blanco en las siguientes circunstancias:

- Entre métodos.
- Entre las variables locales de un método y su primera sentencia.
- Antes de un comentario de bloque o de un comentario de una línea.
- Entre las distintas secciones lógicas de un método para facilitar la lectura.
- Se debe dar un espacio en blanco en la siguiente situación:
  - Entre una palabra clave del lenguaje y un paréntesis.
- Respecto a las normas de inicialización, declaración y colocación de variables, constantes, clases y métodos:
  - Todas las instancias y variables de clases o métodos empezarán con minúscula. Las palabras internas que lo forman, si son compuestas, empiezan con su primera letra en mayúsculas. Los nombres de variables no deben empezar con los caracteres guión bajo "\_" o signo de peso "\$", aunque ambos están permitidos por el lenguaje.
  - Los nombres de variables de un solo carácter se deben evitar, excepto para variables índices temporales.
  - Los nombres de las variables declaradas como constantes deben aparecer totalmente en mayúscula separando las palabras con un guión bajo ("\_").
  - Los nombres de las clases deben ser sustantivos, cuando son compuestos tendrán la primera letra de cada palabra que lo forma en mayúscula. Mantener los nombres de las clases simples y descriptivas. Usar palabras completas, evitar acrónimos y abreviaturas.
  - Los métodos deben ser verbos, cuando son compuestos tendrán la primera letra en minúscula y la primera letra de las siguientes palabras que lo forman en mayúscula.
- Respecto a la indentación y longitud de la línea:
  - Se deben emplear cuatro espacios como unidad de indentación. La construcción exacta de la indentación (espacios en blanco contra tabuladores) no se especifica. Los tabuladores deben ser exactamente cada ocho espacios.
  - Evitar las líneas de más de ochenta caracteres, ya que no son manejadas bien por muchas terminales y herramientas.

### **2.4.4. Integración del componente para la interpretación de modelos de procesos al sistema XAVIA HIS**



Con la realización del componente para la interpretación de modelos de procesos se pretende facilitar la interpretación de los procesos que son generados en el sistema XAVIA HIS. La solución cuenta con la clase Analisis.java que recibe como parámetro un registro de eventos. Esta clase es la encargada de mostrar el estado del proceso, los tiempos de ejecución y de espera y graficarlos, así como los recursos que interactúan con el proceso.

A continuación se describen los pasos necesarios para integrar el componente propuesto al sistema XAVIA HIS:

### Paso 1. Adición de las librerías y clases

Para la integración al sistema XAVIA HIS, se agregaron al servidor las librerías guava.jar, log.jar, OpenXES.jar y OpenXESStream.jar que posibilitaron el manejo de los registros de eventos, punto de partida de la minería de procesos. Posteriormente se creó el paquete Interpretacion\_Modelos con la clase Analisis.java, para visualizarla en el sistema XAVIA HIS.

### Paso 2. Generación del registro de eventos

A partir del componente para la extracción y transformación de las trazas de ejecución, se obtiene un fichero de extensión .xes, el cual contiene la información del registro de eventos que se interpreta con el componente para la interpretación de modelos de procesos. En la *Figura 10* se muestra una instancia perteneciente al proceso *Solicitar productos* que es utilizado como parámetro de entrada de la clase Analisis.java, en ella se detallan los atributos y tareas que conforman cada evento.

```
<event>
  <string key="org:resource" value="root"/>
  <date key="time:timestamp" value="2012-01-15T16:53:35.813+01:00"/>
  <string key="concept:name" value="despacho_sol_bq"/>
  <string key="lifecycle:transition" value="start"/>
</event>
```

**Figura 10.** Registro de eventos del proceso *Solicitar productos*.

**Fuente:** Elaboración propia.

- org:resource: es el nombre de quien ejecuta la actividad.
- time:timestamp: la fecha y la hora en que se ejecutó la actividad.

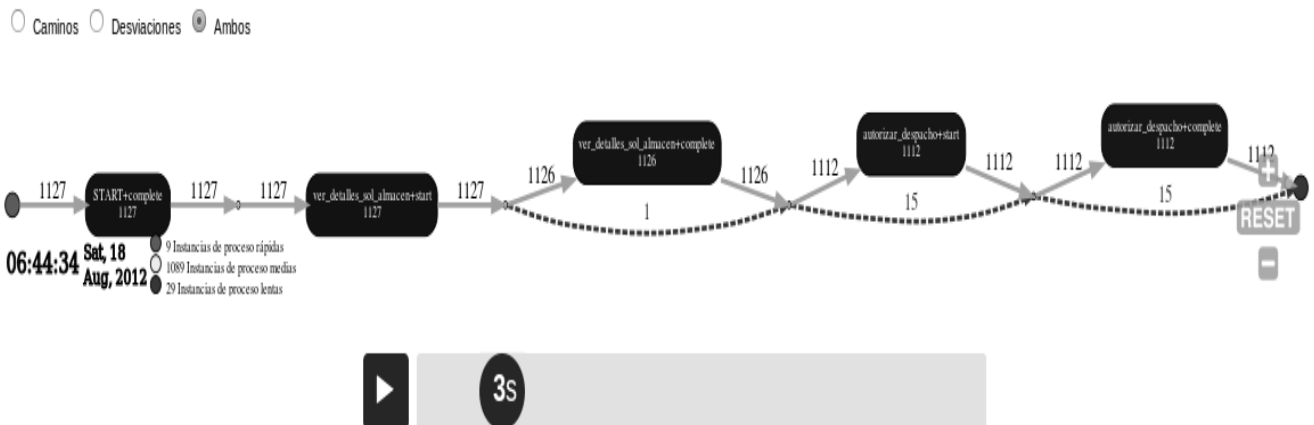
- concept:name: corresponde al nombre de la actividad.
- lifecycle:transition: ciclo de vida de la transición, en este caso puede tomar dos valores (*start*, *complete*).

En la vista de la página Analisis\_Proceso.xhtml es posible seleccionar el rango de fechas y el proceso a analizar, estos parámetros son recibidos por la clase controladora Analisis\_Proceso.java que a partir de estos datos genera el registro de eventos. Este componente se encarga de acceder al modelo y utilizando las tecnologías Hibernate, Enterprise Java Bean y Java Persistence API extrae de la base de datos del sistema, los datos necesarios para generar el registro de eventos.

### Paso 3. Aplicación al registro de eventos de la técnica de minería de procesos seleccionada

Luego de generado el registro de eventos en formato .xes, se aplica la técnica de minería de procesos seleccionada por el usuario, para analizar la información contenida en el registro de eventos y generar el modelo del proceso *Solicitar productos*. En este caso, se selecciona la técnica Inductive visual Miner.

### Eventualidades



**Figura 11.** Modelo de proceso generado a partir de la técnica Inductive visual Miner.

**Fuente:** Elaboración propia.

### Paso 4. Visualización del componente para la interpretación de modelos de procesos

El componente cuenta con una interfaz de usuario llamada Interpretacion.xhtml en la que se muestra toda la información referente al modelo que se analiza, y que responde a cada una de las funcionalidades implementadas.

La solución creada, se integra al sistema XAVIA HIS, y a partir de las técnicas existentes que generan los modelos en el sistema, el nuevo componente permite al usuario conocer datos exactos del modelo, sin la necesidad de analizarlo a profundidad o de tener conocimientos de minería de procesos.



**Figura 12.** Visualización del componente para la interpretación de modelos de procesos.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.5. Análisis de los resultados obtenidos

## *Capítulo 2: Propuesta de solución*

---

A partir de la implementación del componente para la interpretación de modelos de procesos se logró mejorar el análisis de los procesos clínicos y administrativos. Con las funcionalidades desarrolladas es posible conocer, por ejemplo, los niveles de eficiencia de los trabajadores y su interacción con el sistema. Además, se mantiene un seguimiento del estado del proceso en análisis, pudiendo determinar la cantidad de instancias completadas o en espera.

El listado de las actividades permite una comprensión de la información que se brinda del proceso y determinar en cuál de ellas pudo ocurrir un fallo sin necesidad de recorrer todo el proceso o de inferir conclusiones incorrectas al analizar el modelo. En conjunto, el componente contribuye a la toma de decisiones de los médicos administrativos, estadísticos, asesores de registros médicos y especialistas de la gestión en las instituciones que hacen uso del sistema XAVIA HIS.

### ***Conclusiones del capítulo***

En el presente capítulo se demostró que es posible lograr una aplicación con las características que se determinaron previamente en la investigación y su integración al sistema XAVIA HIS, permitió interpretar los modelos que son generados a partir de un registro de eventos. El uso de los patrones de diseño y de los estándares de codificación, organizó la implementación de la propuesta de solución.

### **Capítulo 3: Validación de la solución propuesta**

En este capítulo se valida la solución propuesta, a partir de pruebas de sistema realizadas para medir el rendimiento y la funcionalidad del componente, se realiza una encuesta para medir el grado de conformidad que se tiene de la solución, y se aplica un caso de estudio para determinar la utilidad de la propuesta.

#### **3.1. Pruebas de software**

El único instrumento adecuado para determinar el status de la calidad de un producto de software es el proceso de pruebas. En este proceso se ejecutan pruebas dirigidas a componentes del software o al sistema de software en su totalidad, con el objetivo de medir el grado en que el software cumple con los requerimientos («Pruebas de software», 2005). Se hace necesario realizar este tipo de pruebas para evaluar la calidad del componente desarrollado, así como para comprobar que los requerimientos de software establecidos se hayan desarrollado en su totalidad y respondan adecuadamente en un tiempo relativamente corto.

##### **3.1.1. Pruebas funcionales**

Se denominan pruebas funcionales a las pruebas de software que tienen por objetivo probar que los sistemas desarrollados, cumplan con las funciones específicas para los cuales han sido creados. («Pruebas Funcionales» 2009)

##### **3.1.1.1. Pruebas de caja negra**

Las pruebas de caja negra son pruebas funcionales. Se parte de los requisitos funcionales o funcionalidades a desarrollar, para diseñar pruebas que se aplican sobre el sistema sin necesidad de conocer cómo está construido por dentro (Caja negra). Las pruebas se aplican sobre el sistema empleando un determinado conjunto de datos de entrada y observando las salidas que se producen para determinar si la función se está desempeñando correctamente por el sistema bajo prueba. Las herramientas básicas son observar la funcionalidad y contrastar con la especificación. (Adán, 2011)

#### **No conformidades**

Según la norma ISO 9000:2005 una No Conformidad (NC) es un incumplimiento de un requisito del sistema, sea este especificado o no.

## Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

Al realizar pruebas funcionales a cinco de las funcionalidades del componente en la primera iteración, se encontraron las siguientes NC, las cuales fueron resueltas en su totalidad:

- Al elegir los rangos de fechas, la fecha final podía ser menor que la fecha inicial. Por ejemplo, si la fecha inicial era 2012-01-10T02:50:59, la fecha final podía ser 2011-11-09T02:50:50.
- Al obtener el tiempo exacto en que culminaba el proceso o una instancia de este, no se tenía en tiempo los segundos y milisegundos, por lo que podía darse el caso de que dos procesos tuviesen el mismo tiempo.

En la segunda iteración no se encontraron NC en el sistema, por lo que el componente desarrollado cumple con las funcionalidades del sistema descritas con anterioridad.

### 3.1.2. Pruebas de rendimiento

Una vez integrado el sistema, es posible probar las propiedades emergentes del sistema. Las pruebas de rendimiento se diseñan para asegurar que el sistema pueda procesar su carga esperada. Estas se ocupan tanto de demostrar que el sistema satisface sus requerimientos, como de descubrir problemas y defectos en el sistema. (Sommerville, 2005)

La siguiente tabla muestra las pruebas de rendimiento realizadas al componente desarrollado a partir de la utilización de registros de eventos de diferentes tamaños y períodos de tiempo con que cuenta el sistema XAVIA HIS, con la finalidad de evaluar el tiempo de respuesta de la solución, mostrado en la consola de la plataforma de desarrollo JBoss Developer Studio, al analizar los registros de eventos directamente.

**Tabla 2.** Pruebas de rendimiento realizadas con los registros de eventos.

|                        | 1/10/2010 al<br>1/10/2011 | 1/10/2010 al<br>1/10/2012 | 1/10/2010 al<br>1/10/2013 | 1/10/2010 al<br>26/05/2015 |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Cantidad<br>de eventos | 101                       | 607                       | 1061                      | 1892                       |

## Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

|                                     |     |     |     |     |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Respuesta del sistema (en segundos) | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 3.0 |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|

Una vez evaluado el componente individualmente, se realizó una segunda prueba para evaluar el tiempo de respuesta de la propuesta, mostrado en la consola de la plataforma de desarrollo JBoss Developer Studio, una vez integrada a las técnicas de modelado con que cuenta el sistema XAVIA HIS, utilizando para el modelado el registro de evento del 1/10/2010 al 1/10/2013.

**Tabla 3.** Pruebas de rendimiento realizadas a partir de las técnicas existentes.

|                                     | Fuzzy Miner | Variants Miner | Heuristics Miner | Inductive visual Miner |
|-------------------------------------|-------------|----------------|------------------|------------------------|
| Respuesta del sistema (en segundos) | 3.2         | 3.3            | 3.5              | 3.8                    |

Las pruebas realizadas mostraron como resultado que el componente responde, individualmente, con un tiempo promedio de 2.55 segundos. Mientras que, al ser integrado a las técnicas existentes, responde con un tiempo promedio de 3.45 segundos. Por lo que se concluye que la solución no afecta al procesamiento del sistema, al tener un tiempo de respuesta relativamente corto, aun siendo integrado a las técnicas de modelado con que cuenta el sistema XAVIA HIS.

El ordenador donde se realizaron las pruebas de rendimiento tiene las siguientes características de hardware:

CPU: Intel Core i5 2da Generación 2.1 GHz

RAM: 8 Gb DDR3

## Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

### 3.2. Índice de Satisfacción Grupal

Con el objetivo de medir la satisfacción de potenciales usuarios con el componente creado, se realizó una encuesta (*ver Anexo 1*) a estadísticos y administrativos de 5 de los hospitales existentes en la provincia de Matanzas, concretamente al hospital del municipio Cárdenas, al hospital militar, al hospital “Faustino Pérez” y al hospital pediátrico “Eliseo Noel Caamaño” de la cabecera provincial y al hospital del municipio Colón. Luego de explicado el funcionamiento básico de la solución propuesta, así como su forma de empleo, se les aplicó dicha encuesta, donde valoraron la repercusión que podría tener en sus respectivos centros el uso de un componente como este.

La técnica utilizada para realizar la encuesta fue la técnica ladov, que constituye una vía para el estudio del grado de satisfacción. Fue creada para establecer el nivel de satisfacción por la profesión de carreras pedagógicas. Luego, algunos autores la han modificado y aplicado para valorar la satisfacción en múltiples campos y como parte de diagnósticos y validaciones en diferentes investigaciones. (Fernández de Castro Fabre, et al., 2014)

Se basa en la aplicación de un cuestionario que tiene una estructura interna determinada, que sigue una relación entre tres preguntas cerradas y un análisis posterior de otro conjunto de preguntas abiertas. La relación entre las preguntas cerradas se establece a través del denominado Cuadro Lógico de ladov (*ver Tabla 4*), el cual posibilita determinar posteriormente el nivel de satisfacción del usuario y del grupo. (Fernández de Castro Fabre, et al., 2014)

**Tabla 4.** Cuadro lógico de ladov.

|   |       |    |
|---|-------|----|
| ¿Considera usted que un usuario no experto en minería de procesos pueda dar una interpretación fiable de los modelos que son generados en los sistemas de información de instituciones sanitarias, a partir de las técnicas existentes? |       |    |
| No  | No sé | Sí |
| ¿Si usted necesitara interpretar los modelos de procesos generados por las técnicas de minería de procesos existentes, usaría el componente propuesto?  |       |    |



### Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

| ¿Le satisface el componente propuesto para la interpretación de modelos de procesos hospitalarios? | Sí | No sé | No | Sí | No sé | No | Sí | No sé | No |
|--|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|
| Me satisface mucho   | 1  | 2     | 6  | 2  | 2     | 6  | 6  | 6     | 6  |
| No me satisface tanto  | 2  | 2     | 3  | 2  | 3     | 3  | 6  | 3     | 6  |
| Me da lo mismo   | 3  | 3     | 3  | 3  | 3     | 3  | 3  | 3     | 3  |
| Me insatisface más de lo que me satisface  | 6  | 3     | 6  | 3  | 4     | 4  | 3  | 4     | 4  |
| No me satisface nada   | 6  | 6     | 6  | 6  | 4     | 4  | 6  | 4     | 5  |
| No sé qué decir  | 2  | 3     | 6  | 3  | 3     | 3  | 6  | 3     | 4  |

Para obtener los resultados de la aplicación de la técnica es necesario conocer la escala de satisfacción, así como la fórmula para determinar el Índice de Satisfacción Grupal (ISG). La escala de satisfacción responde a la siguiente estructura, en función de la puntuación obtenida luego de aplicado el cuestionario referido:

1. Clara satisfacción
2. Más satisfecho que insatisfecho
3. No definida
4. Más insatisfecho que satisfecho
5. Clara insatisfacción
6. Contradictoria

Luego de aplicado el cuestionario y haber triangulado las preguntas cerradas en el Cuadro Lógico de ladov, el número resultante de la interrelación de las tres preguntas cerradas indica la posición de cada cual en dicha escala de satisfacción.

Para poder ponderar el ISG se establece una escala numérica entre +1 y -1 como se muestra a continuación:

## Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

---

|      |                                 |
|------|---------------------------------|
| +1   | Máximo de satisfacción          |
| +0.5 | Más satisfecho que insatisfecho |
| 0    | No definido y contradictorio    |
| -0.5 | Más insatisfecho que satisfecho |
| -1   | Máxima insatisfacción           |

Luego es posible calcular el ISG a partir de la siguiente fórmula:

$$ISG = \frac{A(+1) + B(+0.5) + C(0) + D(-0.5) + E(-1)}{N}$$

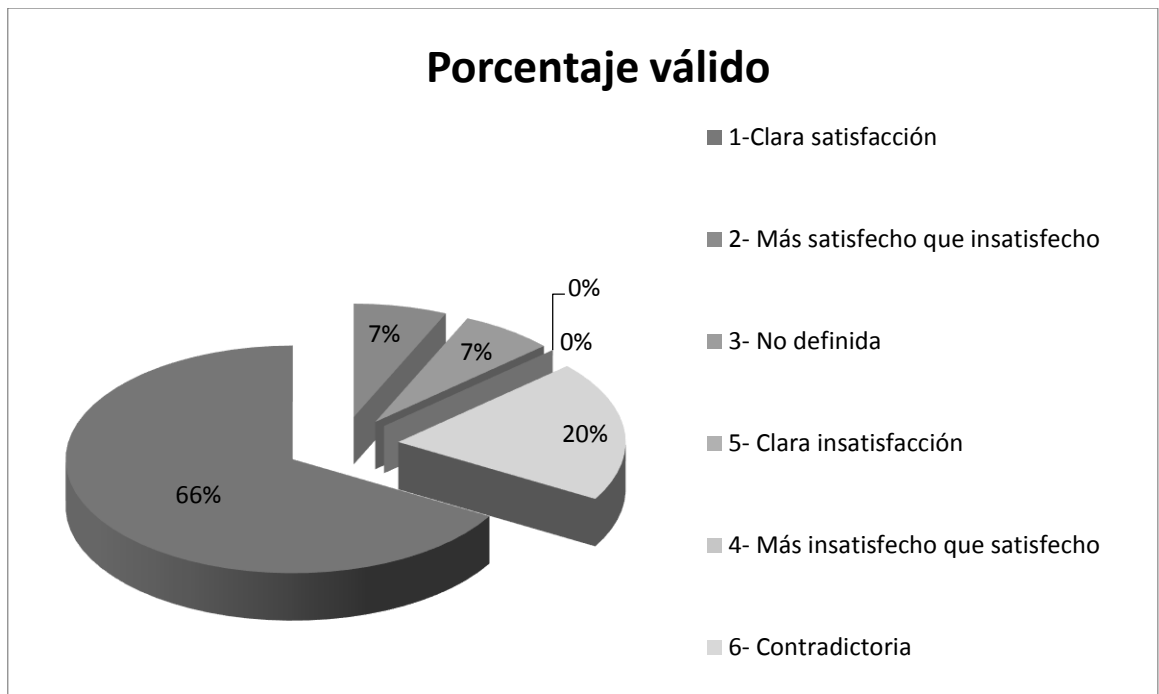
**Figura 13.** Fórmula del cálculo del ISG.

**Fuente:** (Fernández de Castro Fabre, et al., 2014).

El ISG, como se especificó en la escala numérica anterior, fluctúa entre + 1 y - 1. Es por ello que, una vez calculado, los valores que se encuentren comprendidos entre - 1 y - 0,5 indican insatisfacción; los comprendidos entre - 0,49 y + 0,49 evidencian contradicción y los que se ubiquen entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción.

### 3.2.1. Resultados de la aplicación de la técnica ladov

La *Figura 14* muestra el resultado de haber aplicado la técnica ladov, evidenciando que un 66% de los encuestados posee clara satisfacción con el componente creado, un 7% de ellos está más satisfecho que insatisfecho y otro 7% no tiene una opinión bien definida. Ninguno mostró clara insatisfacción ni se vio más satisfecho que insatisfecho. Un 20% manifestó un criterio contradictorio.



**Figura 14.** Distribución de la satisfacción grupal.

**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de esto se obtuvo un ISG=0.7 que se encuentra en el intervalo de satisfacción, por lo que se puede concluir que existe un alto grado de satisfacción con el componente informático desarrollado para interpretar los modelos de procesos generados en el sistema XAVIA HIS.

### **3.3. Aplicación de un caso de estudio**

Un caso de estudio es una estrategia de investigación dirigida a comprender las dinámicas presentes en contextos singulares, la cual podría tratarse del estudio de un único caso o de varios casos, combinando distintos métodos para la recogida de evidencia cualitativa y/o cuantitativa con el fin de describir, verificar o generar teoría.(Martínez Carazo, 2011)

Para demostrar la utilidad y los resultados alcanzados por la propuesta de solución, se decide aplicar un caso de estudio. Para ello se utiliza un registro de eventos del proceso *Solicitar productos* del sistema XAVIA HIS, desde el 2012-05-01 hasta el 2016-05-01, utilizando la técnica Inductive visual Miner. A continuación se describen los pasos seguidos para su aplicación:

## Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

**Paso 1.** Configuración de los parámetros de entrada de la sección de Gestionar procesos con que cuenta el sistema XAVIA HIS.

**Paso 2.** Obtención del modelo de proceso generado a partir del uso del registro de eventos del 2012-05-01 al 2016-05-01 y de la técnica Inductive visual Miner.

**Paso 3.** Aplicación del componente para la interpretación de modelos de procesos.

**Paso 4.** Visualización de los resultados.

Al configurar los parámetros de entrada solicitados (ver Figura 15), se obtiene el modelo de proceso a partir de los especificado en el **Paso 2** (ver Figura 16).

Parámetros de entrada

Seleccionar proceso: Desde: Hasta:

proceso solicitar productos 2012-05-01 2016-05-01

Seleccionar tipo de análisis:

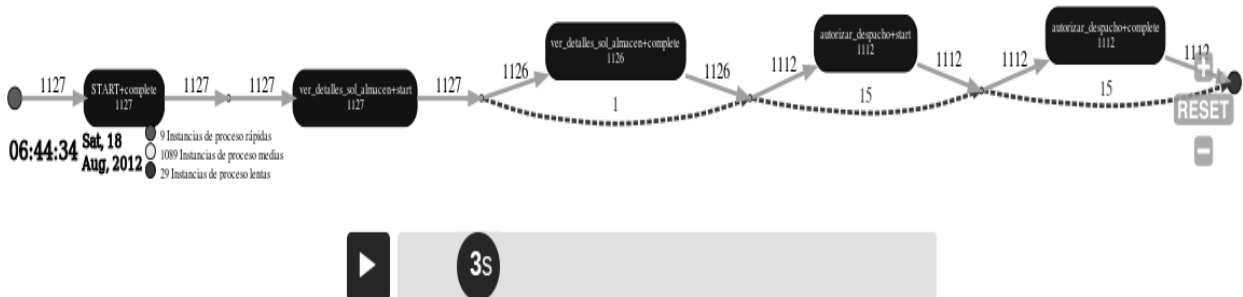
InductiveVisual Miner Generar Cancelar

**Figura 15.** Parámetros de entrada solicitados por la sección Gestionar procesos del sistema XAVIA HIS.

**Fuente:** Elaboración propia.

### Eventualidades

Caminos  Desviaciones  Ambos



## Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

**Figura 16.** Modelo de proceso generado a partir de la técnica Inductive visual Miner.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura anterior, el modelo generado carece de información que posibilite que un usuario no experto en minería de procesos, como pueden ser los estadísticos y administrativos de las instituciones sanitarias, logre tomar decisiones sobre el proceso modelado, en este caso *Solicitar productos*. En esto inciden los múltiples factores que entorpecen el entendimiento que han sido abordados a lo largo de la investigación.

Finalmente, se procede a ejecutar los pasos 3 y 4 con el objetivo de determinar si al aplicar el componente creado, la interpretación del modelo generado resulta menos engorrosa (ver Figura 17).



## Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

---

**Figura 17.** Aplicación del componente para la interpretación de modelos de procesos al proceso *Solicitar productos*.

**Fuente:** Elaboración propia.

Luego de aplicado el procedimiento descrito, se concluye que el componente creado para la interpretación de modelos de procesos, facilita la comprensión del proceso *Solicitar productos*, pues permite conocer información relevante como puede ser el tiempo que demora el proceso en ejecutarse o los recursos (trabajadores) que interactúan en él. De esta manera, se logra una toma de decisiones más eficaz en las instituciones hospitalarias que cuenten con este componente y no tengan personal especializado en minería de procesos para poder interpretar los modelos.

### **Conclusiones del capítulo**

Las pruebas realizadas demostraron que el componente desarrollado cumple con los requisitos funcionales descritos y no afecta el rendimiento del sistema, dado que el tiempo de respuesta es relativamente corto. Se determinó la usabilidad, al mostrar el comportamiento de los modelos generados usando la solución propuesta y se evidenció que existe un 66% de clara satisfacción con el componente.

### **Conclusiones**

Con el desarrollo del componente para interpretación de los modelos de procesos generados en el sistema XAVIA HIS del CESIM se concluye lo siguiente:

- ✓ La minería de procesos es una alternativa novedosa que posibilita el análisis de procesos, y la literatura existente demuestra que su aplicación en el sector hospitalario ha resultado efectiva.
- ✓ La interpretación de modelos de procesos resulta engorrosa para usuarios no expertos en minería de procesos, pues las herramientas de modelado analizadas no brindan información clara del proceso.
- ✓ El componente desarrollado siguiendo las pautas definidas, utiliza la información contenida en los registros de eventos y contribuye a la interpretación de los modelos de procesos que se generan desde el sistema XAVIA HIS.
- ✓ La integración del componente al sistema XAVIA HIS contribuye a la toma de decisiones sobre la ejecución de los procesos clínicos y administrativos de las instituciones hospitalarias que hagan uso del sistema.
- ✓ La solución propuesta no afecta el rendimiento del sistema y tiene un alto nivel de satisfacción en los usuarios encuestados.

### **Recomendaciones**

Se recomienda para el desarrollo de futuras investigaciones:

- ✓ Describir en lenguaje natural la información contenida en los modelos de procesos, especificando los casos excepcionales y poco frecuentes de su ejecución.
- ✓ Incorporar a la propuesta elementos desde la perspectiva organizacional de la minería de procesos, que permita analizar las características de las personas que ejecutan un proceso.



### Referencias bibliográficas

Van der Aalst, Wil. 2009. "Conceptual model for on line auditing". 2011. "Process Mining Manifesto": 26.

Van der Aalst, Wil, and Weske. 2004. "Advances in business process management." 8.

Adán, V. 2011. "Pruebas De Caja Negra." <http://www.globetesting.com/2012/08/pruebas-de-caja-negra/>.

Almaguer, Norge. 2011. "Documento normativo de Arquitectura de Software." In.

Álvarez, A, and M Hernández. 2013. "DESARROLLO DE LA ESPECIALIDAD PSICOLOGÍA DEL MÓDULO CONSULTA EXTERNA DEL SISTEMA." <http://www.google.com.cu/url?sa=t&rct=j&q=JBoss+Seam++es+un+framework+que+integra+la+capa+de+presentaci%C3%B3n+%28JSF%29+con+la+capa+de+negocios+y+persistencia+%28EJB%29%2C+f uncio nando%2C+seg%C3%BAAn+versa+su+significado+en+espa%C3%B1ol%2C+como+una+%E2%99%A2>.

Aytulun, S. 2008. "Business process modelling with stochastic networks." *International Journal of Production Research*.

Calleja, M. 2014. "Estándares de codificación." <http://www.cisiad.uned.es/carmen/estilo-codificacion.pdf>.

Castañeda, Lisandra, and Antonio Valladares. 2015. "COMPONENTE PARA EL ANÁLISIS DE PROCESOS APLICANDO LA PERSPECTIVA TEMPORAL EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN HOSPITALARIA DEL CENTRO DE INFORMÁTICA MÉDICA". La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.

CESIM. 2014. *Implantación de un Sistema Integral de Salud en el Centro de Cirugía de Mínimo Acceso*. La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.

Consejería de Hacienda y Administración Pública. 2014. "JBoss Server." <https://ws024.juntadeandalucia.es/ae/descargar/3191>.

Corrie, C. 2008. *Conjunto de documentos para la Introducción y el Soporte de la serie de normas ISO 9000: Orientación sobre el Concepto y Uso del Enfoque basado en procesos para los sistemas de gestión.*

Cruz, Idalberto, and Ramsés Perdomo. 2014. "Procedimiento de Conformidad aplicando Minería de Procesos desde la perspectiva tiempo en el Sistema de Información Hospitalaria del Centro de Informática Médica." La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.

Definición.mx. 2013. "Definición de proceso." *Definición*. <http://definicion.mx/proceso/>.

Fernández de Castro, Astrid. 2014. "Validación Mediante Criterio De Usuarios Del Sistema De Indicadores Para Prever, Diseñar y Medir El Impacto En Los Proyectos De Investigación Del Sector Agropecuario." [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542014000300012&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542014000300012&script=sci_arttext).

Franky, C. 2010. "Java EE 5 (sucesor de J2EE)." [http://www.acis.org.co/fileadmin/Conferencias/ConfConsueloFranky\\_Abr19.pdf](http://www.acis.org.co/fileadmin/Conferencias/ConfConsueloFranky_Abr19.pdf).

Gaguancela, V. 2012. "Richfaces." <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/478/1/T-UCE-0011-27.pdf>.

GAO, X. 2013. *Towards the Next Generation Intelligent BPM. In the Era of Big Data*. China: Mobile Communications Corporation.

González, Y, and Y Romero. 2012. "Patrón Modelo-Vista-Controlador." <http://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/15>.

GÜNTHER, C. 2007. *Fuzzy Mining – Adaptive Process Simplification Based on Multi-perspective Metrics*. Alemania: Business Process Management.

Hernández, Rolando, and Zayda Coello. 2011. *El proceso de investigación científica*. La Habana: Universitaria del Ministerio de Educación Superior.

Hommel, Scott. 2001. *Convenciones De Código Para El Lenguaje De Programación JAVA*.

Ibarra, Yisel, and Oquendo. 2011. "Desarrollo De Un Componente De Transmisión De Audio y Video Para El Sistema De Teleconsulta." In La Habana.

Ihaddadene. 2008. "Extraction of business process models from workflow events logs." *International Journal of Parallel, Emergent & Distributed Systems*

Jacobson, Ivar. 2009. *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. 2nd ed.

Claes, I. 2012. "A Visual Analysis of the Process of Process Modelig."

Java Server Faces. 2012. "Introducción a JSF."

Larman, C. 2003. *UML y Patrones*.

Lucifer, P. 2010. "Java Runtime Environment - JRE."

<http://www.elleonplateadodeojosrojos.es/blog/java-runtime-environment-jre>.

Mans, R, M Song, and Wil van der Aalst. 2015. *Process Mining in Healthcare. Case Study*. Eindhoven University of Technology.

Martínez, Paola Hernández. 2012. *APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MINERÍA DE PROCESOS (PM) PARA EL CONTROL Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE COMPRAS NACIONALES E INTERNACIONALES DE BIENES Y SERVICIOS PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA*. Bogotá.

Moreira, M. 2006. "La gestión por procesos en las instituciones de información." [http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol14\\_5\\_06/aci11506.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol14_5_06/aci11506.htm).

Nariño, Hernández. 2013. *Inserción de la gestión de procesos en instituciones hospitalarias*.

Orellana, Arturo. 2015. "Herramienta Para El Análisis De Variabilidad En Procesos Hospitalarios Aplicando Minería De Procesos". La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.

Orellana, Arturo, and Yasmani Ledesma. 2015. "¿Por qué aplicar Minería de Proceso en el entorno hospitalario? Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?"

Orellana, Arturo, and Osvaldo Pérez. 2015. "Generador de registros de eventos para el análisis de procesos en un sistema de información hospitalaria." *CubaSalud*.

Paneque, Pilar. 2002. *Gestión por procesos en el Sistema Sanitario*.

- Pappa, D, N Faltin, and V Zimmermann. 2009. "International Journal of Advanced Corporate Learning."
- Rebuge, Álvaro, and Diogo Ferreira. 2011. *Business Process Analysis in Healthcare Environments: A Methodology Based on Process Mining*. Information Systems.
- Recker, J, and M Rosemann. 2007. "Business Process Modeling: A Maturing Discipline?"
- Rodríguez, Joel. 2009. "La modelación de procesos."  
<http://www.monografias.com/trabajos55/modelacion-de-procesos/modelacion-de-procesos.shtml>.
- Rondón, L. 2009. "JAVA J2EE. JPA - Java Persistence API."  
<http://www.luchorondon.blogspot.com/2009/04/jpa-java-persistence-api.html>.
- Rozinat, Anne. 2011a. "4 Challenges for Process Mining in Healthcare."
- Sánchez, J. 2008. "Migración de JSP a Facelets."  
<http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php>.
- Scribd. 2012. "Hibernate." <http://es.scribd.com/doc/99836434/Persistencia-Hibernate>.
- Sommerville, I. 2005. *Ingeniería del software*. Séptima. Madrid.
- The Apache Software Foundation. 2012. "Java."  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/221/A6.pdf?sequence>.
- Vázquez, Cristóbal. 2006. *Introducción a JasperReports e iReport (Primera parte)*.
- Webster, C. 2011. *Conformance Checking of Processes Based on Monitoring Real Behavior*. EHR Workflow Inc.
- Yzquierdo. 2013. "Modelo para la estimación de información ausente en las trazas usadas en la minería de procesos". La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas

**Bibliografía**

Van der Aalst, Wil. 2009. "Conceptual model for on line auditing". 2011. "Process Mining Manifesto": 26.

Van der Aalst, Wil, and Weske. 2004. "Advances in business process management." 8.

Adán, V. 2011. "Pruebas De Caja Negra." <http://www.globetesting.com/2012/08/pruebas-de-caja-negra/>.

Almaguer, Norge. 2011. "Documento normativo de Arquitectura de Software." In.

Álvarez, A, and M Hernández. 2013. "DESARROLLO DE LA ESPECIALIDAD PSICOLOGÍA DEL MÓDULO CONSULTA EXTERNA DEL SISTEMA." <http://www.google.com/cu/url?sa=t&rct=j&q=JBoss+Seam++es+un+framework+que+integra+la+capa+de+presentaci%C3%B3n+%28JSF%29+con+la+capa+de+negocios+y+persistencia+%28EJB%29%2C+f uncio nando%2C+seg%C3%BA+versa+su+significado+en+espa%C3%B1ol%2C+como+una+%E2%99%A2>.

Aytulun, S. 2008. "Business process modelling with stochastic networks." *International Journal of Production Research*.

Calleja, M. 2014. "Estándares de codificación." <http://www.cisiad.uned.es/carmen/estilo-codificacion.pdf>.

Castañeda, Lisandra, and Antonio Valladares. 2015. "COMPONENTE PARA EL ANÁLISIS DE PROCESOS APLICANDO LA PERSPECTIVA TEMPORAL EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN HOSPITALARIA DEL CENTRO DE INFORMÁTICA MÉDICA". La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.

CESIM. 2014. *Implantación de un Sistema Integral de Salud en el Centro de Cirugía de Mínimo Acceso*. La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.

Consejería de Hacienda y Administración Pública. 2014. "JBoss Server." <https://ws024.juntadeandalucia.es/ae/descargar/3191>.

Corrie, C. 2008. *Conjunto de documentos para la Introducción y el Soporte de la serie de normas ISO 9000: Orientación sobre el Concepto y Uso del Enfoque basado en procesos para los sistemas de gestión.*

Cruz, Idalberto, and Ramsés Perdomo. 2014. "Procedimiento de Conformidad aplicando Minería de Procesos desde la perspectiva tiempo en el Sistema de Información Hospitalaria del Centro de Informática Médica." La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.

Definición.mx. 2013. "Definición de proceso." *Definición*. <http://definicion.mx/proceso/>.

Fernández de Castro, Astrid. 2014. "Validación Mediante Criterio De Usuarios Del Sistema De Indicadores Para Prever, Diseñar y Medir El Impacto En Los Proyectos De Investigación Del Sector Agropecuario." [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542014000300012&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542014000300012&script=sci_arttext).

Franky, C. 2010. "Java EE 5 (sucesor de J2EE)." [http://www.acis.org.co/fileadmin/Conferencias/ConfConsueloFranky\\_Abr19.pdf](http://www.acis.org.co/fileadmin/Conferencias/ConfConsueloFranky_Abr19.pdf).

Gaguancela, V. 2012. "Richfaces." <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/478/1/T-UCE-0011-27.pdf>.

GAO, X. 2013. *Towards the Next Generation Intelligent BPM. In the Era of Big Data*. China: Mobile Communications Corporation.

González, Y, and Y Romero. 2012. "Patrón Modelo-Vista-Controlador." <http://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/15>.

GÜNTHER, C. 2007. *Fuzzy Mining – Adaptive Process Simplification Based on Multi-perspective Metrics*. Alemania: Business Process Management.

Hernández, Rolando, and Zayda Coello. 2011. *El proceso de investigación científica*. La Habana: Universitaria del Ministerio de Educación Superior.

Hommel, Scott. 2001. *Convenciones De Código Para El Lenguaje De Programación JAVA*.

Ibarra, Yisel, and Oquendo. 2011. "Desarrollo De Un Componente De Transmisión De Audio y Video Para El Sistema De Teleconsulta." In La Habana.

Ihaddadene. 2008. "Extraction of business process models from workflow events logs." *International Journal of Parallel, Emergent & Distributed Systems*

Jacobson, Ivar. 2009. *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. 2nd ed.

Claes, I. 2012. "A Visual Analysis of the Process of Process Modelig."

Java Server Faces. 2012. "Introducción a JSF."

Larman, C. 2003. *UML y Patrones*.

Lucifer, P. 2010. "Java Runtime Environment - JRE."

<http://www.elleonplateadodeojosrojos.es/blog/java-runtime-environment-jre>.

Mans, R, M Song, and Wil van der Aalst. 2015. *Process Mining in Healthcare. Case Study*. Eindhoven University of Technology.

Martínez, Paola Hernández. 2012. *APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MINERÍA DE PROCESOS (PM) PARA EL CONTROL Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE COMPRAS NACIONALES E INTERNACIONALES DE BIENES Y SERVICIOS PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA*. Bogotá.

Moreira, M. 2006. "La gestión por procesos en las instituciones de información." [http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol14\\_5\\_06/aci11506.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol14_5_06/aci11506.htm).

Nariño, Hernández. 2013. *Inserción de la gestión de procesos en instituciones hospitalarias*.

Orellana, Arturo. 2015. "Herramienta Para El Análisis De Variabilidad En Procesos Hospitalarios Aplicando Minería De Procesos". La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.

Orellana, Arturo, and Yasmani Ledesma. 2015. "¿Por qué aplicar Minería de Proceso en el entorno hospitalario? Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?"

Orellana, Arturo, and Osvaldo Pérez. 2015. "Generador de registros de eventos para el análisis de procesos en un sistema de información hospitalaria." *CubaSalud*.

Paneque, Pilar. 2002. *Gestión por procesos en el Sistema Sanitario*.

- Pappa, D, N Faltin, and V Zimmermann. 2009. "International Journal of Advanced Corporate Learning."
- Rebuge, Álvaro, and Diogo Ferreira. 2011. *Business Process Analysis in Healthcare Environments: A Methodology Based on Process Mining*. Information Systems.
- Recker, J, and M Rosemann. 2007. "Business Process Modeling: A Maturing Discipline?"
- Rodríguez, Joel. 2009. "La modelación de procesos."  
<http://www.monografias.com/trabajos55/modelacion-de-procesos/modelacion-de-procesos.shtml>.
- Rondón, L. 2009. "JAVA J2EE. JPA - Java Persistence API."  
<http://www.luchorondon.blogspot.com/2009/04/jpa-java-persistence-api.html>.
- Rozinat, Anne. 2011a. "4 Challenges for Process Mining in Healthcare."
- Sánchez, J. 2008. "Migración de JSP a Facelets."  
<http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php>.
- Scribd. 2012. "Hibernate." <http://es.scribd.com/doc/99836434/Persistencia-Hibernate>.
- Sommerville, I. 2005. *Ingeniería del software*. Séptima. Madrid.
- The Apache Software Foundation. 2012. "Java."  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/221/A6.pdf?sequence>.
- Vázquez, Cristóbal. 2006. *Introducción a JasperReports e iReport (Primera parte)*.
- Webster, C. 2011. *Conformance Checking of Processes Based on Monitoring Real Behavior*. EHR Workflow Inc.
- Yzquierdo. 2013. "Modelo para la estimación de información ausente en las trazas usadas en la minería de procesos". La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.



**Anexo 1.** Cuestionario para evaluación de la satisfacción del usuario con respecto al componente para interpretar modelos de procesos hospitalarios.

| EVALUACION DE LA PROPUESTA DEL COMPONENTE PARA LA INTERPRETACIÓN DE MODELOS DE PROCESOS EN INSTITUCIONES SANITARIAS |   |  |
|---|---|--|
| No  | Preguntas   | Respuestas   |
| 1   | ¿Ha utilizado en algún momento una técnica de minería de procesos que le posibilite generar modelos de procesos?  | Si <input type="checkbox"/><br>No <input type="checkbox"/>   |
| 2   | ¿Considera usted que un usuario no experto en minería de procesos pueda dar una interpretación fiable de los modelos que son generados en los sistemas de información de instituciones sanitarias, a partir de las técnicas existentes? | Si <input type="checkbox"/><br>No <input type="checkbox"/>   |
| 3   | ¿Considera usted que es aconsejable realizar la interpretación de los modelos de procesos sanitarios con apoyo de las TIC?  | Si <input type="checkbox"/><br>No <input type="checkbox"/>   |
| 4   | ¿Si usted necesitara interpretar los modelos de procesos generados por las técnicas de minería de procesos existentes, usaría el componente propuesto?  | Si <input type="checkbox"/><br>No <input type="checkbox"/>   |
| 5   | ¿Considera que la utilización de este componente estimulará la toma de decisiones en las instituciones sanitarias?  | Si <input type="checkbox"/><br>No <input type="checkbox"/>   |
| 6   | ¿Le satisface el componente propuesto para la interpretación de modelos de procesos hospitalarios?  | Me gusta mucho. <input type="checkbox"/><br>No me gusta tanto. <input type="checkbox"/><br>Me da lo mismo. <input type="checkbox"/><br>Me disgusta más de lo que me gusta. <input type="checkbox"/><br>No me gusta nada. <input type="checkbox"/><br>No sé qué decir. <input type="checkbox"/> |
| 7   | Valore el impacto que produciría el uso de un componente para interpretar modelos de la ejecución de procesos hospitalarios.  | Entre 0 y 10 —   |
| 8   | Evalúe si el modelo propuesto puede aportar al ahorro, gestión y control de los recursos, en función de elevar la calidad de los servicios que se brindan en las instituciones sanitarias.  | Entre 0 y 10 —   |

9.- ¿Qué elementos considera positivos y negativos de este modelo?

---



---



---



---

10.- ¿Qué sugerencias tiene para el desarrollo e implantación de este modelo?

---



---