



Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 2

## Trabajo de Diploma para optar por el Título de Ingeniero en Ciencias Informáticas

Personalización del plugin Inductive visual Miner de ProM  
para la detección de eventualidades en los procesos del  
Sistema de Información Hospitalaria del CESIM

### **Autores:**

Oswaldo Ulises Larrea Armenteros

Yosbani Enrique Pérez Ramirez

**Tutor:** Ing. Arturo Orellana García

**Co-Tutor:** Ing. Yoandry González Castro

La Habana, Junio de 2015

"Año 57 de la Revolución"

## **Declaración de autoría**

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo. Para que así conste firmamos la presente a los \_\_\_\_ días del mes de junio del año 2015.

---

Oswaldo Ulises Larrea Armenteros  
Firma del Autor

---

Yosbani Enrique Pérez Ramirez  
Firma del Autor

---

Ing. Arturo Orellana García  
Firma del Tutor

---

Ing. Yoandry González Castro  
Firma del Tutor

## Datos de contacto

**Ing. Arturo Orellana García:** graduado de Ingeniería en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2012. Labora en el Centro de Informática Médica. Se desempeña como tutor de las asignaturas PP4 a PP7 y ha sido analista de los proyectos SIAPS, Telemedicina Domiciliaria y Ensayos Clínicos del Centro de Informática Médica de la Universidad de Ciencias Informáticas. Ha tutorado 2 trabajos de diploma. Actualmente es estudiante de maestría.

Correo electrónico: [aorellana@uci.cu](mailto:aorellana@uci.cu)

**Ing. Yoandry González Castro:** Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2013. Actualmente se encuentra laborando en el Centro de Informática Médica de la Universidad de Ciencias Informáticas como recién graduado.

Correo electrónico: [yoandrygc@uci.cu](mailto:yoandrygc@uci.cu)

**Oswaldo**

**Mis padres:** le agradezco a mis padres por ser un ejemplo como persona y por siempre confiar en mí para todo, por brindarme su apoyo en todos los aspectos de la vida y siempre tener esa convicción de que sus hijos tienen que ser universitarios por eso te dedico esta tesis que es el resultado de 5 años de sacrificios y trabajo en conjunto con ustedes.

**Mi hermana:** le agradezco a mi hermana por ser parte de mí y servir como guía y ejemplo para la vida universitaria, por siempre brindarme su ayuda y apoyarme en toda mi carrera universitaria y mucho más en ausencia de mi madre, de verdad te lo agradezco en la vida y ojalá que siempre estemos juntos para todo.

**Mi tía Angela:** le agradezco a mi tía Angela que a pesar de todos sus problemas nunca me dejó solo y siempre represento una segunda madre para mí aquí en La Habana con los mismos achaques de mi mamá y las mismas peleaderas pero aun así sabes que te quiero y te agradezco con todo mi corazón la ayuda que me has brindado en mi carrera universitaria.

**Kenia:** le agradezco a mi prima Kenia por brindarme todo ese cariño que siempre me has dado y que nunca me olvida, me tiene presente para todo, por estar siempre arriba de mí con todo lo que me haga falta o necesite preguntándome en que me puede ayudar en fin siempre pendiente de mí para todo.

**Mi familia:** le agradezco a mi familia por siempre estar ahí en los momentos que a uno le han hecho falta y siempre me han brindado su ayuda y bueno por ser parte de esta familia tan linda de la cual estoy muy orgulloso y espero que perdure así por siempre.

**Mis amigos:** le quiero agradecer a mis amigos por ser parte de esta carrera tan linda de estudiantes que no se repite dos veces en la que pasamos momentos buenos y malos en los cuales siempre estuvimos juntos para todos, espero que nunca perdamos el contacto entre nosotros.

**Mi grupo:** le agradezco a mi grupo por ser especial y por siempre tratar de permanecer juntos, sé que algunos momentos no funcionamos como un grupo pero eso pasa en todos los lados, pero al final nos queremos mucho y nos divertimos juntos también muchas veces en las actividades que muchas veces preparamos como grupo que son.

**Mis profesores:** le agradezco a mis profesores por ser parte de ese magnífico claustro que me impartió clases durante estos cinco años y tratar siempre de dar el ejemplo ante nosotros los estudiantes y siempre prepararnos para la vida como profesional lleno de valores para la sociedad y como seres humanos ante todo.

**Mi equipo de la FEU:** Le agradezco a mi equipo de la FEU, por acompañarme en un momento de la carrera tan especial como la vida de dirigente, donde adquirí

**habilidades y conocimientos que no se aprenden un ningún otro lugar e hice amistades muy valiosas durante ese período, de verdad que disfrute mucho esa etapa de mi carrera aunque fue muy sacrificada también.**

**Grupo de investigación de Minería de procesos: Le agradezco a este grupo de investigación por ayudarnos siempre en cuanto a la investigación y dotarnos de conocimientos que no se imparten en clases normales y por permitirnos la oportunidad de participar en eventos que ni conocíamos y de verdad nos sirvieron para aprender muchas cosas, y en especial al jefe del grupo al profe Damián Alfonso que siempre nos brindó su ayuda y conocimientos y por prepararnos para una vida de investigador.**

**Yosbani**

**Le doy gracias:**

**A Dios, por ser lo más grande que tengo en el mundo.**

**A mi papá, a mi hermana y a mi tío Chini, por ser las personas más importantes de mi vida.**

**A mis abuelas Mami y Tata, y a mis abuelos Papi y Papito.**

**A mis tíos Kikiki, Niño, Magalys, Odalys y Niña.**

**A todos mis primos.**

**A Osvaldo, como amigo y como compañero de tesis.**

**A Estrella por ser muy buena consejera en la carrera.**

**A Arturo, como tutor y como amigo.**

**A Yakelín, por comportarse como una madre para mí.**

**A mi amigo Dayron.**

**A mis amigas Delís y Carmen y a mi amigo Tony.**

**A mi novia Chabely, que aunque llevamos poco tiempo juntos, se ha convertido en una persona muy especial para mí.**

**A mis compañeros de apartamento, Sevilla, Abelito, Jorge Carlos y Alfredo.**

**A Iliana, por comportarse como una tía para mí.**

**A Tania, por ser una muy buena compañera para mi papá.**

**A mis vecinos en Pastorita, Santo Suarez y Tulipán.**

**A Yoandry mi co-tutor.**

**A Damián, por habernos ayudado tanto en el desarrollo de la tesis.**

**A Ale.**

**A todas aquellas personas que de una forma u otra me ayudaron a graduarme y a ser quien soy.**

**A Josefa, Josefina, Scarlett y Megan, por haber sido las principales herramientas de desarrollo de la tesis.**

**Oswaldo**

**A mis padres por ser parte de este gran sueño que es ser ingeniero.**

**Yosbani**

**A mi mamá, que aunque lejos se encuentre de mí, siempre va a estar en mi corazón.**

## Resumen

La minería de procesos es una novedosa alternativa que permite analizar los procesos reales, a partir de la extracción de conocimientos de los registros de eventos disponibles en los sistemas de información. El descubrimiento es un tipo de minería de procesos que permite obtener modelos de procesos.

Inductive visual Miner es un plugin de la herramienta ProM que brinda soporte al descubrimiento. Este permite generar modelos de procesos animados en una notación inspirada en la notación de modelado de procesos de negocio. Estos modelos permiten apreciar a simple vista las eventualidades de los procesos.

El conocimiento necesario para modelar los procesos del Sistema de Información Hospitalaria del Centro de Informática Médica de la Universidad de las Ciencias Informáticas se adquiere a partir de extensas reuniones y entrevistas con los directivos de la institución, por lo que la información del registro de eventos no está siendo aprovechada para detectar eventualidades en los procesos hospitalarios.

La presente investigación se centró en el desarrollo de una personalización del plugin Inductive visual Miner. Para el desarrollo de la misma se empleó el lenguaje de programación Java, el entorno de desarrollo integrado Eclipse, JBoss como servidor de aplicaciones, el framework Seam, las librerías de interfaz RichFaces y Java Server Faces y como servidor de base de datos se empleó PostgreSQL.

La investigación realizada permitió desarrollar una personalización del plugin Inductive visual Miner. La misma permite generar modelos de procesos, en los que se puede visualizar las eventualidades de los procesos hospitalarios.

**Palabras clave:** minería de procesos, modelo de proceso, eventualidades, registro de eventos, plugin, sistema de información hospitalaria.



## Abstract

Process mining is a novel alternative to analyze real processes, from extraction of knowledge of the event logs available in the information systems. The discovery is one type of process mining for obtaining process models.

Inductive visual Miner is a plugin of ProM tool that supports the discovery and can generate animated models in an inspired notation for modeling business processes, these models allow to see at glance eventualities processes.

The knowledge needed for modeling processes Hospital Information System of the Center for Medical Informatics at the University of Informatics Sciences is acquired from extensive meetings and interviews with the directors of the hospital institution, so the log information event not It is being exploited to detect eventualities in hospital processes.

This research focused on the development of a custom plugin Inductive visual Miner. For the development of personalization was employed the Java programming language and integrated development environment Eclipse also the JBoss application server, the Seam framework, the RichFaces and Java Server Faces libraries interface and the database server PosgtreSQL.

The research allowed to develop a custom plugin Inductive visual Miner. It allows generating process models, which can be displayed eventualities hospital processes.

**Keywords:** process mining, process model, eventualities, event logs, plugin, hospital information system.

## Índice general

Introducción .....	1
Capítulo 1. Fundamentos Teórico-Metodológicos de la investigación. ....	6
1.1    Conceptos asociados a la investigación .....	6
1.1.1    Proceso.....	6
1.1.2    Gestión por procesos .....	7
1.1.3    Gestión de Procesos de Negocio .....	7
1.1.4    Minería de procesos.....	8
1.1.5    Registro de eventos .....	9
1.1.6    Modelo de proceso de negocio .....	11
1.1.7    Comprensión de modelos de procesos .....	12
1.1.8    Sistemas de Información Hospitalaria .....	13
1.1.9    Plugin.....	14
1.1.10    Actividades frecuentes e infrecuentes .....	14
1.1.11    Desviaciones .....	14
1.1.12    Cuellos de botella .....	14
1.2    Plugins, herramientas y técnicas que permiten detectar eventualidades .....	15
1.2.1    Inductive visual Miner.....	15
1.2.2    Fuzzy Miner .....	16
1.2.3    HeuristicsMiner .....	17
1.2.4    Herramienta Disco .....	18
1.2.5    Herramienta Celonis Process Mining .....	18
1.2.6    Análisis comparativo .....	19
1.3    Ambiente de desarrollo.....	20
1.3.1    Tecnologías utilizadas.....	22
Capítulo 2. Propuesta de solución. ....	26
2.1    Flujo de información de la personalización del plugin IvM.....	26
2.2    Descripción de la arquitectura .....	27
2.3    Patrones de diseño.....	28
2.4    Inductive visual Miner: personalización.....	29
2.5    Algoritmo Inductive Miner .....	31
2.6    Algoritmo Evolutionary Tree Miner.....	32
2.7    Procedimiento de integración de la personalización del plugin IvM al HIS ....	33
2.7.1    Punto de Entrada: generación del registro de eventos .....	33

---

2.7.2	Realizar el análisis y modelado .....	34
2.7.3	Visualización .....	34
Capítulo 3. Validación de la propuesta de solución.....		36
3.1	Personalización del plugin IvM como herramienta para detectar eventualidades en los procesos del HIS .....	36
3.2	Diseño de la validación.....	37
3.3	Análisis de frecuencia.....	38
3.4	Análisis de desviaciones.....	39
3.5	Análisis de cuellos de botella.....	41
Conclusiones .....		42
Recomendaciones .....		43
Referencias Bibliográficas .....		44
Bibliografía.....		49
Glosario de términos.....		57
Anexos .....		58

## Índice de figuras y tablas

Figura 1.1. Representación de un proceso .....	6
Figura 1.2. Ciclo de vida del BPM.....	8
Figura 1.3. Tipos de Minería de procesos.....	9
Figura 1.4. Ejemplo de registro de eventos.....	10
Figura 1.5. Ejemplo de modelo de proceso en notación BPMN .....	11
Figura 1.6. Modelo de proceso generado con IvM .....	15
Figura 1.7. Modelo de proceso generado con FM.....	16
Tabla 1.1. Características de los plugins y herramientas que permiten detectar eventualidades.....	19
Figura 2.1. Flujo de información de la personalización del plugin IvM.....	26
Figura 2.2. Patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador.....	28
Figura 2.3. Cadena de análisis de IvM.....	29
Figura 2.4. Fragmento de un registro de eventos generado por el componente para extraer y transformar las trazas .....	34
Figura 2.5. Fragmento del código del análisis y modelado del proceso .....	34
Tabla 3.1. Cantidad de instancias de cada una de las actividades del proceso <i>Solicitar producto</i> en el rango de fecha 01/01/2011 - 01/01/2015.....	38
Figura 3.6. Desviación de un proceso, a) movimiento del modelo, b) movimiento del registro .....	39
Tabla 3.2. Caminos del proceso <i>Solicitar producto</i> con el número de desviaciones correspondiente a cada uno, entre las fechas 01/01/2011 y 01/01/2015.....	40

## Introducción

El sector de la salud enfrenta importantes retos a diario, debido a que los costos financieros y materiales y la necesidad de prestar cada día un mejor servicio han alcanzado un nivel más elevado con el desarrollo social. Estos factores hacen necesaria la implementación de nuevas técnicas y herramientas que permitan mejorar el resultado de la actividad hospitalaria en términos de incremento de eficiencia<sup>1</sup> y eficacia<sup>2</sup> (Hernández-Nariño y otros, 2009), además de lograr una total satisfacción de las necesidades y expectativas tanto de los pacientes como del propio personal de la atención sanitaria.

Los resultados esperados en una organización alcanzan un nivel más eficiente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso (NC/ISO-9000, 2004), es por eso que la Gestión por procesos ha devenido como un instrumento básico en las instituciones de salud, cuya visión es la de trabajar en la Gestión hospitalaria con valor añadido al paciente. El desarrollo de esta forma de gestión pasa por identificar, comprender, estabilizar y controlar mejor las áreas de responsabilidad médica en centros de salud (Hernández-Nariño y otros, 2011).

La Gestión por procesos proporciona también un conjunto de técnicas, herramientas y estrategias que permiten de manera continua mejorar los procesos hospitalarios. Esto contribuye a disminuir las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización, así como lograr un aumento de la productividad (Harrington, 1993), además ayuda a mejorar la calidad de los servicios sanitarios en las organizaciones de salud.

Entre los principales elementos que contemplan la mejora de procesos está la representación gráfica o el modelado de los mismos (Hernández-Nariño y otros, 2011), lo cual suele realizarse en la Notación de Modelado de Procesos de Negocio (BPMN, por sus siglas en inglés). El modelado de procesos constituye la base para la ejecución del análisis de procesos, a partir de esto se pueden identificar los posibles hechos o eventos que suceden de manera imprevista, a los que se le denominan eventualidades de procesos.

---

<sup>1</sup> Eficiencia: producción de servicios de salud al menor costo posible.

<sup>2</sup> Eficacia: efecto de determinada acción cuyo objetivo es perfeccionar la atención médica.

Entre las eventualidades de procesos se encuentran los cuellos de botella y las desviaciones. Estas pueden ocasionar que las organizaciones de salud no funcionen de una manera eficiente, pudiendo traer consigo:

- Desvío innecesario de los recursos sanitarios.
- Largos tiempos de espera y de atención al paciente.

El análisis de procesos permite también detectar las actividades frecuentes e infrecuentes, lo que ayuda a conocer a que actividad o actividades se les debe dar un mejor seguimiento. Una importante alternativa que promueve el desarrollo de técnicas y herramientas para el análisis de procesos es la Minería de procesos.

La Minería de procesos es una disciplina de investigación que 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 (van der Aalst y otros, 2012). 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.

El descubrimiento es uno de los tipos de la Minería de procesos, el cual permite generar modelos de procesos a partir de la extracción de conocimientos de los registros de eventos. Estos modelos brindan la posibilidad de visualizar a simple vista las eventualidades de procesos. Una de las herramientas que brinda soporte al descubrimiento de procesos es el ProM. Esta es un software de código abierto y de distribución gratuita y su funcionamiento se basa en el uso de plugins, uno de estos es el Inductive visual Miner.

Inductive visual Miner genera modelos de procesos animados en una notación inspirada en la BPMN, lo que hace más fácil el entendimiento de los mismos por parte de los usuarios ajenos a la Minería de procesos. Estos modelos permiten apreciar con mayor facilidad los cuellos de botella y las desviaciones de los procesos que se modelan, además de las actividades frecuentes e infrecuentes que los componen.

Investigaciones realizadas acerca de la Minería de procesos, evidencian la efectividad que posee en el descubrimiento y análisis de procesos en las instituciones de salud. El artículo "*Application of Process Mining in Healthcare – A Case Study in a Dutch Hospital*" (Mans y otros, 2008) muestra la aplicación de técnicas de Minería de procesos para la extracción de conocimientos de los procesos que se ejecutan en los

hospitales, específicamente en procesos de ginecología y oncología de un hospital holandés.

Mientras que Webster en sus investigaciones acerca de las Hojas Clínicas Electrónicas (*Electronic Health Record*, EHR, por sus siglas en inglés), ubica a la Minería de procesos como un nuevo y efectivo método para mejorar los procesos de cuidado a pacientes (Webster, 2011).

En el área de Emergencias de los hospitales, la Minería de procesos es utilizada para gestionar el empleo de los recursos y descubrir horarios en que la afluencia de pacientes es mayor. A pesar de las facilidades que brinda la Minería de procesos, en Cuba existen muy pocas referencias acerca de su uso en el área de la salud.

Con el objetivo de informatizar el sector de la salud en Cuba, en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), específicamente en el Centro de Informática Médica (CESIM), se desarrollan aplicaciones informáticas dirigidas a este sector. Entre ellas se encuentra el Sistema de Información Hospitalaria (HIS, por sus siglas en inglés), orientado a satisfacer las necesidades de recopilación, almacenamiento, procesamiento e interpretación de los datos clínicos administrativos que se generen en la atención secundaria de la salud. El HIS permite además, automatizar los procesos que se ejecuten en la institución hospitalaria, almacenando información de la ejecución de sus actividades en la base de datos, sobre la cual fue desarrollado un componente para la extracción y transformación de esta información en un registro de eventos.

En el HIS, para modelar los procesos con la suficiente exactitud, se necesita un amplio conocimiento de los mismos. Este conocimiento por lo general se obtiene a partir de la realización de entrevistas con los responsables de los procesos y extensas reuniones con los directivos de la institución hospitalaria, lo que trae consigo un alto costo en dinero y tiempo.

Estas prácticas cotidianas generan resultados que suelen acabar representando como se debería ejecutar el proceso y no como se está ejecutando en realidad. La aparición constante de nuevos conocimientos acerca de la ejecución de las actividades del HIS no se está incorporando al saber profesional, debido a que la información que posee el registro de eventos no está siendo aprovechada, por lo que la detección de las eventualidades en los procesos se ve limitada, lo cual puede afectar el funcionamiento de la institución hospitalaria.

La situación problemática antes descrita conduce al siguiente **problema a resolver**, ¿Cómo detectar eventualidades en los procesos del HIS del CESIM, a partir de la personalización del plugin Inductive visual Miner?

En consecuencia el **objeto de estudio** estuvo dirigido a: la gestión por procesos en los sistemas de información hospitalarios y delimitándose como **campo de acción**: la detección de eventualidades de procesos con la Minería de procesos.

Teniendo en cuenta estos aspectos, se declara como **objetivo general**: desarrollar una personalización del plugin de ProM Inductive visual Miner, para detectar eventualidades en los procesos del HIS del CESIM, a partir del registro de eventos.

Para lograr el objetivo general propuesto se determinaron las siguientes **tareas de investigación**:

1. Elaboración del marco teórico metodológico referente a la Minería de procesos y los conceptos asociados al objeto de estudio de la investigación.
2. Análisis de las tendencias actuales que permitan detectar eventualidades en los procesos, para definir la propuesta de solución.
3. Personalización del plugin Inductive visual Miner, para la detección de eventualidades en los procesos del Sistema de Información Hospitalaria del CESIM.
4. Asimilación de las herramientas definidas en el departamento del HIS, para la integración de la personalización al mismo y el desarrollo de las interfaces que permitan visualizar los modelos de procesos.
5. Análisis a los procesos del HIS, para validar los resultados obtenidos de la personalización del plugin Inductive visual Miner.

Los métodos científicos (Hernández-León y otros, 2011) propuestos a utilizar en la investigación son los siguientes:

Métodos teóricos:

Analítico-sintético: para el estudio bibliográfico sobre la problemática existente y el análisis de las diferentes técnicas de Minería de procesos.



Histórico-lógico: para llevar a cabo el estudio crítico de las tendencias de Minería de procesos, que permiten, obtener la vista personalizada de los procesos.

Modelación: para el diseño de la vista personalizada del proceso.

Inducción-deducción: para concebir los algoritmos necesarios en la solución, teniendo en cuenta herramientas estudiadas que permiten generar modelos de procesos.

Método empírico:

Observación: se utiliza para validar los resultados de la solución propuesta, a partir de la visualización de los modelos generados con la misma.

El documento se encuentra dividido en tres capítulos, en los que se expresan los elementos teóricos de la investigación, propuesta y validación de la solución. Además cuenta con Introducción, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas, Bibliografía y Anexos.

El **Capítulo 1. Fundamentos Teórico-Methodológicos de la investigación**, expone los principales conceptos asociados al objeto de estudio y a la Minería de procesos. Este capítulo caracteriza también algunos plugins, herramientas y técnicas de la Minería de procesos que permiten detectar eventualidades en los mismos, además de las herramientas y tecnologías definidas para el desarrollo de la investigación.

En el **Capítulo 2. Propuesta de solución**, se pueden encontrar descritos los elementos que se tuvieron en cuenta para realizar la personalización del plugin de ProM Inductive visual Miner y el procedimiento realizado para la integración de la misma al HIS.

El **Capítulo 3. Validación de la propuesta de solución**, presenta la personalización del plugin Inductive visual Miner, como herramienta del HIS para detectar eventualidades en los procesos, además de un análisis a dos de los procesos de este sistema, con el objetivo de validar los resultados obtenidos.



## Capítulo 1. Fundamentos Teórico-Metodológicos de la investigación.

El presente capítulo expone los principales conceptos asociados a la Gestión por procesos y la Minería de procesos, con el objetivo de facilitar una mejor comprensión de la problemática y el problema a resolver. Además presenta varios plugins, herramientas y técnicas de Minería de procesos que permiten detectar eventualidades en los mismos. Se aborda de manera general las herramientas utilizadas para dar cumplimiento al objetivo general de la investigación.

### 1.1 Conceptos asociados a la investigación

Para una mejor comprensión de la investigación, a continuación se exponen los principales conceptos asociados a la misma.

#### 1.1.1 Proceso

Según el conjunto de Normas ISO 9000 (2004) un “Proceso” puede definirse como un “Conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”. Estas actividades requieren la asignación de recursos tales como personal y material (NC/ISO-9000, 2004).

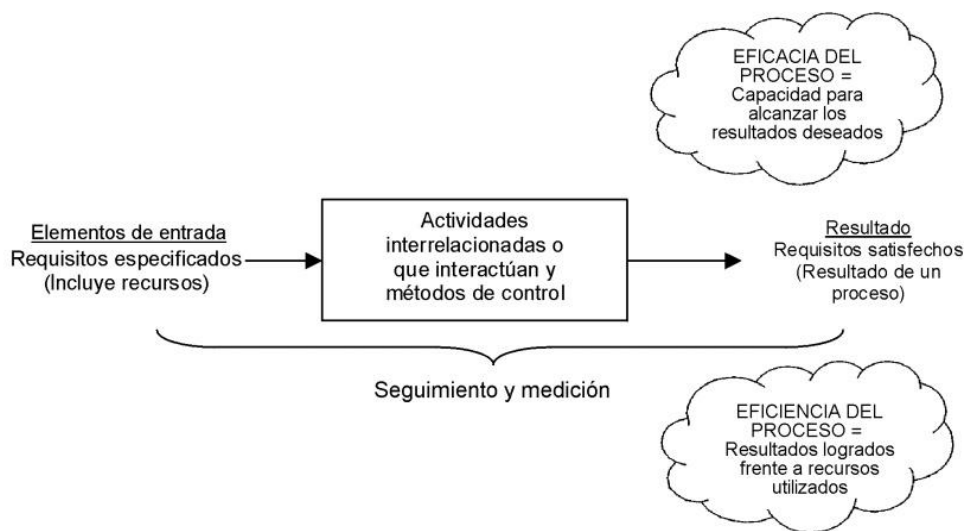


Figura 1.1. Representación de un proceso  
Fuente: (NC/ISO-9000, 2004)

Los elementos de entrada y los resultados previstos pueden ser tangibles (equipos o materiales) o intangibles (energía o información). Los resultados también pueden ser no intencionados (el desperdicio o la contaminación ambiental).

“Un proceso de negocio es un conjunto estructurado medible de actividades diseñadas para producir un producto especificado para un cliente o mercado específico. Implica un fuerte énfasis en cómo se ejecuta el trabajo dentro de la organización, en contraste con el énfasis característico de la focalización en el producto” (Davenport, 1993).

### **1.1.2 Gestión por procesos**

La Gestión por procesos es una forma de gestión organizacional que surge para sustituir la tradicional gestión por funciones, debido a que constituye la base para entender la organización como un sistema, de forma tal que supera las contradicciones interdepartamentales y elimina los problemas de diseño estructural (Trischler, 1998). Constituye la vía principal para alcanzar los objetivos estratégicos de la organización y lograr la satisfacción del cliente.

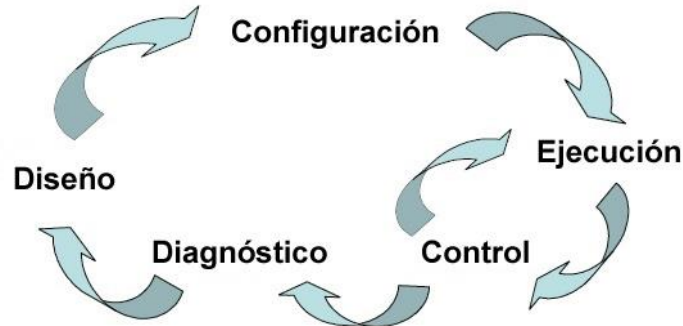
Esta forma de gestión se centra en el análisis del diseño de los procesos, el reordenamiento de los flujos, el incremento de la capacidad y la optimización, el cambio de maneras de ejecutar las actividades, la búsqueda permanente de soluciones y las mejores prácticas. En síntesis, basa la mejora de la organización en la mejora de los procesos (Hernández-Nariño y otros, 2011).

En el desarrollo de la Gestión por procesos no se puede obviar el papel de los trabajadores de la organización, pues son estos los ejecutantes de las tareas y de ellos depende en gran medida la ejecución eficiente de los procesos.

### **1.1.3 Gestión de Procesos de Negocio**

La Gestión de Procesos de Negocio (*BPM*, por sus siglas en inglés) es un conjunto de métodos, herramientas y tecnologías utilizados para diseñar, representar, analizar y controlar procesos de negocio. Es un enfoque centrado en los procesos para mejorar el rendimiento que combina las tecnologías de la información con metodologías de procesos y gobierno. Además, es una colaboración entre personas de negocio y tecnólogos para fomentar procesos de negocio efectivos, ágiles y transparentes. Abarca

personas, sistemas, funciones, negocios, clientes, proveedores y socios (Garimella y otros, 2008).



**Figura 1.2. Ciclo de vida del BPM**  
Fuente: (van der Aalst y otros, 2011)

Para dar soporte a esta estrategia es necesario contar con un conjunto de herramientas que den cumplimiento al ciclo de vida BPM. Este conjunto de herramientas son los llamados Sistemas de Gestión de Procesos de Negocio (BPMS, por sus siglas en inglés) y con ellas se construyen aplicaciones BPM (Espinoza, 2012).

Los BPMS por lo general producen descripciones de procesos en la notación BPMN. Esta es una notación gráfica estandarizada para representar los procesos de negocio en un flujo de trabajo (Garimella y otros, 2008).

#### 1.1.4 Minería de procesos

La Minería de procesos es una disciplina de investigación emergente, su idea central es extraer conocimientos de los registros de eventos ampliamente disponibles en los actuales sistemas de información, para descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales de una organización. Esta disciplina se divide en tres tipos, el descubrimiento, el chequeo de conformidad y el mejoramiento (van der Aalst y otros, 2012).

El primer tipo de Minería de procesos es el **descubrimiento**, es el más utilizado y su objetivo es construir un modelo de proceso a partir de un registro de eventos sin utilizar ninguna información previa. El problema general del descubrimiento de proceso puede ser formulado de la siguiente manera (van der Aalst, 2011):

**Definición 1.1** Descubrimiento de proceso: Sea  $L$  un registro de eventos definido en el estándar XES (eXtensible Event Stream). El algoritmo de descubrimiento de proceso

es una función que asigna  $L$  a un modelo de proceso de tal forma que el modelo representa el comportamiento del proceso en el registro de eventos.

El segundo tipo de Minería de procesos es el **chequeo de conformidad**, se basa en comparar las actividades del registro de eventos con las actividades en el modelo de proceso, con el objetivo de encontrar coincidencias o discrepancias entre el comportamiento modelado y el comportamiento observado. El chequeo de conformidad es relevante para la alineación de negocios y auditoría. Por ejemplo, para encontrar desviaciones indeseables que sugieren fraude o ineficiencias.

El tercer y último tipo de la Minería de procesos es el **mejoramiento o extensión**, su idea central es mejorar o extender un modelo de proceso existente usando la información acerca del proceso real almacenada en algún registro de eventos.



**Figura 1.3. Tipos de Minería de procesos**  
Fuente: Elaboración propia

El tipo de Minería de procesos que se desee aplicar viene dada con la necesidad de análisis de procesos de cada organismo, empresa o entidad. La presente investigación está centrada en el descubrimiento.

### 1.1.5 Registro de eventos

Las trazas de ejecución de los procesos constituyen una valiosa fuente de información para el análisis del funcionamiento de los mismos. Una traza está compuesta por una secuencia de eventos ordenados según su ocurrencia (Pérez, 2014). Las técnicas de Minería de procesos asumen que es posible registrar estos eventos secuencialmente tal que cada evento se refiera a una actividad (van der Aalst y otros, 2012).

El resultado del almacenamiento de las actividades de un proceso, ejecutadas en un período determinado de tiempo, se le denomina registro de eventos; donde cada proceso está compuesto por casos, los cuales son instancias del mismo. Los casos contienen atributos o propiedades, además de estar compuestos por eventos que representan pasos bien definidos dentro del proceso (van der Aalst, 2011). Para diferenciar los casos y los eventos, a cada uno de ellos se le asigna un identificador, mientras que los atributos de cada evento ayudan a extender el modelo con información extra.

id_caso	id_evento	Propiedades				
		Marca de tiempo	Actividad	Recurso	Ciclo de vida	...
1	21223	20-03-2014:11.09	Crear hoja clínica	Osvaldo	Completado	...
	21224	22-03-2014:09.21	Realizar Consulta	Yosbani	Completado	...
	21225	22-03-2014:12.10	Realizar Rayos X	Yanai	Completado	...
	21226	25-03-2014:10.16	Realizar Tomografía	Sevilla	Completado	...
	21227	17-05-2014:08.33	Actualizar hoja clínica	Jorge	Completado	...
2	21234	20-03-2014:14.12	Crear hoja clínica	María	Completado	...
	21235	24-05-2014:10.21	Solicitar hemodiálisis	Abel	Completado	...
	21236	06-06-2014:08.20	Actualizar hoja clínica	Alfredo	Iniciado	...
3	21251	22-03-2014:09.22	Solicitar insumos quirúrgicos	Alejandro	Completado	...
	21252	14-04-2014:08.27	Ver detalles de solicitud	Yakelin	Completado	...
	21253	14-04-2014:08.48	Modificar pedido	Dario	Completado	...
	21254	14-04-2014:15.03	Aprobar Solicitud	Marta	Completado	...
	21255	15-04-2014:09.01	Despachar insumos	Nancy	Completado	...

**Figura 1.4. Ejemplo de registro de eventos**

Fuente: Adaptación de (van der Aalst, 2011)

Los registros de eventos suelen poseer características entre las que se encuentran el ruido y la ausencia de información (De Weerd y otros, 2012). En la presente investigación se asumen las definiciones de ruido (Definición 1.2) y ausencia de información (Definición 1.3).

**Definición 1.2 Ruido:** Comportamiento reflejado en las trazas y que rara vez ocurre, que es excepcional o poco frecuente, es decir, que no se corresponde con el comportamiento típico observado en el proceso (van der Aalst, 2011).

**Definición 1.3 Ausencia de información:** Ausencia en las trazas de una o varias actividades ejecutadas como parte de las instancias del proceso, debido a que estas no pueden ser registradas por los sistemas informáticos usados. A este tipo de actividad se le denominará actividad invisible (Yzquierdo y otros, 2013).

El tipo de dato en el que generalmente son definidos los registros de eventos es el Xlog y uno de los estándares que los estructuran es el XES. El principal propósito de este estándar es ofrecer un formato de intercambio de registros de eventos entre herramientas y dominios de aplicaciones (Günther, 2009).

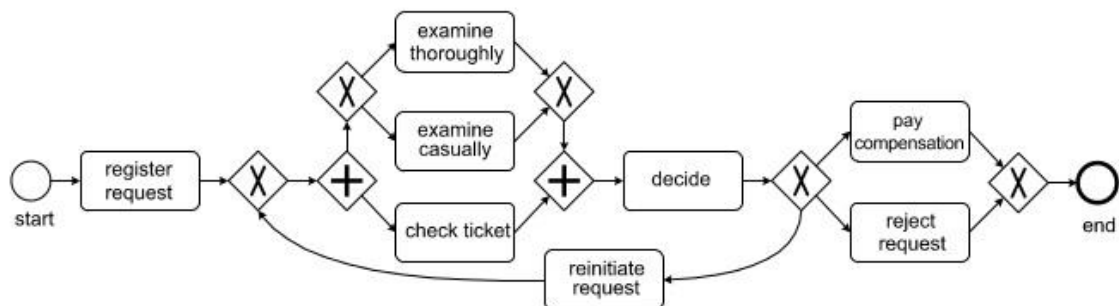
### 1.1.6 Modelo de proceso de negocio

“El modelado de procesos de negocio es la representación de los procesos de negocio de una empresa u organización con el objetivo de que puedan ser analizados y mejorados” (Benghazi y otros, 2011).

Un modelo de proceso de negocio es una representación gráfica de interrelaciones y actividades que componen un proceso de negocio (van der Aalst, 2011), permite describir el estado actual o previsto de dicho proceso de negocio, además son útiles para modelar la forma en que los recursos interactúan con el proceso.

Generalmente los elementos que componen un modelo de proceso de negocio son los objetivos o motivos del proceso, las entradas, las salidas, los recursos utilizados y los eventos.

Entre las notaciones existentes para modelar procesos de negocio se encuentra BPMN, la cual describe en términos de actividades los procesos de negocio que se ejecuten en una organización y el orden de estas actividades se modela mediante dependencias causales.



**Figura 1.5. Ejemplo de modelo de proceso en notación BPMN**

Fuente: (van der Aalst, 2011)

Para la modelación de un proceso de negocios se han propuestos siete principios básicos, los cuales relacionan los estilos de modelación de procesos, la comprensión del modelo y la propensión a errores (Pérez, 2014). A continuación se enumeran cada uno de ellos:

1. Usar tan pocos elementos en el modelo como sea posible
2. Minimizar los caminos en los elementos de enrutamiento
3. Utilizar un elemento de inicio y uno de fin

4. Modelar lo más estructuradamente posible
5. Evitar los elementos de selección no exclusiva
6. Usar etiquetas para las actividades conformadas por verbos
7. Descomponer cualquier modelo con más de 50 elementos

### **1.1.7 Comprensión de modelos de procesos**

Dentro de la modelación de procesos se ha estudiado cómo pueden ser diseñados los modelos de procesos para maximizar su comprensión (Recker y otros, 2014). El propósito del modelo (Reijer, 2011), la notación del modelado (Sarshar y otros, 2005), la complejidad del modelo, el diseño de los constructores gramaticales<sup>3</sup> y el resaltado de colores a los elementos que conforman el modelo son factores que afectan el entendimiento del mismo (Recker y otros, 2013).

Para comprender sintácticamente el modelo se puede analizar desde dos puntos de vistas: el rendimiento (en qué medida la interpretación del modelo contribuye a comprender el contenido formal del modelo) y la eficiencia (qué recursos son utilizados para comprender el modelo) (Mendling y otros, 2012). Teniendo en cuenta que la semántica del modelo se expresa en sus etiquetas textuales, se ha demostrado que la información semántica adicional obstaculiza la comprensión sintáctica (Mendling y otros, 2012) y lo que se espera es que una persona comprenda mejor el modelo con información textual. El efecto es diferente cuando se realizan preguntas referidas únicamente a la sintaxis. La explicación teórica racional para esta expectativa parte de la teoría de carga cognitiva.

La teoría de carga cognitiva se distingue entre la carga cognitiva intrínseca y extrínseca. La intrínseca está determinada por la complejidad de la información (cantidad de elementos y sus relaciones e interacciones). En el ámbito de proceso, la carga intrínseca se refiere a la complejidad del proceso modelado y por ende está fuera del control del modelador del proceso. Mientras que la carga extrínseca está determinada por la forma en la que la información es representada y la dificultad relativa puede variar en dependencia de su representación (Kotovsky y otros, 1985). Por lo que

---

<sup>3</sup> Conjuntos de símbolos gráficos y reglas que describen cómo se conectan los símbolos gráficos (Wand y otros, 2002).



la carga cognitiva extrínseca está sujeta a las decisiones de diseño que se realizan al describir el proceso en un modelo (Figl y otros, 2013). El reto de la presente investigación consiste en facilitar la comprensión de los modelos a generar a partir de las técnicas personalizadas, brindando interfaces enriquecidas en información auxiliar para el análisis de los modelos.

### **1.1.8 Sistemas de Información Hospitalaria**

Un sistema de información es un conjunto de personas, datos, procesos y tecnologías de la información que interactúan para recoger, procesar, almacenar y proveer información necesaria para el correcto funcionamiento de una organización (Fernández-Alarcón, 2006).

Un sistema de información hospitalaria es un sistema de información orientado a satisfacer las necesidades de generación de información, para almacenar, procesar y reinterpretar datos médico-administrativos de cualquier institución hospitalaria. Permitiendo la optimización de los recursos humanos y materiales, además de minimizar los inconvenientes burocráticos que enfrentan los pacientes (Fernández-Puerto, y otros, 2003).

La función de un sistema de información hospitalaria es la de apoyar las actividades en los niveles operativos, tácticos y estratégicos dentro de un hospital. Existen diferentes tipos de Sistemas de información dentro de un hospital entre los que se encuentran (Fernández-Puerto, y otros, 2003):

- Los que apoyan los servicios de salud (FrontOffice)<sup>4</sup>.
- Los que dan soporte al funcionamiento de las diferentes áreas del hospital (BackOffice)<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> FrontOffice: conjunto de aplicativos enfocados a dar soporte a las áreas del hospital que estén en contacto directo con el paciente (Fernández-Puerto y otros, 2003).

<sup>5</sup> BackOffice: conjunto de aplicativos enfocados a dar soporte a las áreas del hospital que no estén en contacto directo con el paciente (Fernández-Puerto y otros, 2003).

- Los que automáticamente recaban datos clínicos del paciente (sistemas clínicos).

### **1.1.9 Plugin**

Un plugin, en informática es una aplicación que añade una nueva funcionalidad o característica a un software sin afectar su funcionamiento. No se trata de un parche o actualización, es un módulo que se le incluye opcionalmente al software. Una de las principales ventajas que poseen los plugins es que facilitan la colaboración de desarrolladores externos con el funcionamiento del software.

### **1.1.10 Actividades frecuentes e infrecuentes**

En el modelo de proceso se pueden visualizar las actividades que conforman el proceso, estas actividades se ejecutan con determinada frecuencia. Las actividades que se ejecutan con mayor frecuencia con respecto a las demás son las actividades frecuentes, mientras que todas aquellas actividades cuya ejecución no se realiza con mucha frecuencia son las actividades infrecuentes.

### **1.1.11 Desviaciones**

Las desviaciones constituyen ser ejecuciones anómalas del proceso, que están fuera de la definición formal del mismo.

En el ámbito de Minería de procesos, las desviaciones muestran precisamente las partes del modelo que se desvían con respecto al registro de eventos, son visualizadas para mostrar que partes del modelo se ajustan bien y que partes no lo hacen (Leemans y otros, 2014). Esto es importante para sacar conclusiones fiables acerca de la ejecución de determinadas actividades en un período determinado de tiempo.

### **1.1.12 Cuellos de botella**

Los cuellos de botella son las actividades que disminuyen la velocidad de los procesos, incrementan los tiempos de espera y reducen la productividad, trayendo como consecuencia final el aumento en los costos.

## 1.2 Plugins, herramientas y técnicas que permiten detectar eventualidades

El descubrimiento de procesos describe el comportamiento de los procesos a partir de los modelos que genera, en los que se pueden visualizar a simple vista las eventualidades de los procesos modelados. A continuación se caracterizan varios plugins desarrollados bajo la licencia LGPL<sup>6</sup> y algunas herramientas y técnicas de Minería de procesos que permiten detectar eventualidades en los procesos.

### 1.2.1 Inductive visual Miner

Inductive visual Miner (IvM) es un plugin de la herramienta ProM, que utiliza los registros de eventos para generar modelos de procesos en una notación inspirada en la BPMN. IvM posee la capacidad de animar en el modelo las instancias del proceso que se analiza, mostrando como se trasladan cada una de ellas a través de las actividades que lo componen.

La animación que realiza IvM en el modelo de proceso permite visualizar a simple vista los cuellos de botella y las desviaciones que se puedan presentar en la ejecución del proceso que se modela. Permite visualizar también cuales son las actividades con menor y mayor frecuencia de ejecución. Además IvM es un plugin cuyo funcionamiento se comporta con un carácter robusto ante el ruido, y tiene en cuenta la falta de información que pueda presentar el registro de eventos.

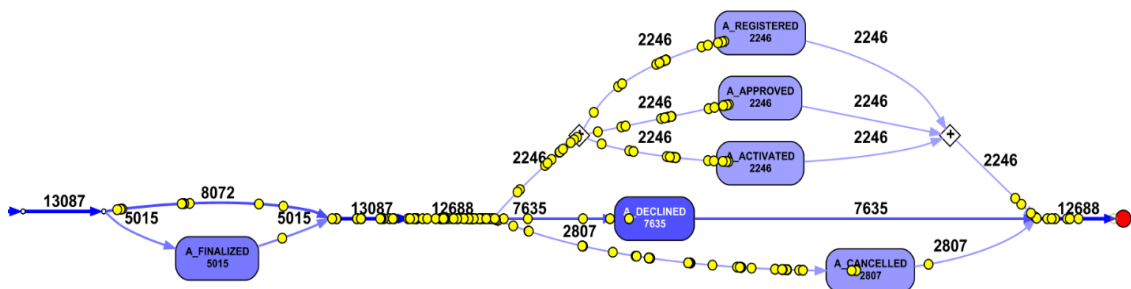


Figura 1.6. Modelo de proceso generado con IvM

Fuente: (Leemans y otros, 2014)

<sup>6</sup> LGPL (Lesser General Public License) es una licencia que permite que el software que la posee pueda ser integrado a un software privativo.

### 1.2.2 Fuzzy Miner

Fuzzy Miner (FM) es un plugin de la herramienta ProM que se basa en la técnica Minería Difusa. Este es un plugin que permite generar modelos de procesos basados en grafos, partiendo de un registro de eventos. En estos modelos se pueden visualizar dos tipos de nodos, los que representan una actividad y los que representan un conjunto de actividades, los cuales reciben el nombre de clústeres. Para la obtención de estos modelos, FM cuenta con un conjunto de métricas de configuración que enriquecen la forma de representar la información del registro de eventos en el modelo de proceso. Entre ellas están:

**Significado de frecuencia:** Esta métrica se encarga de establecer la cantidad de veces que se repite una actividad con respecto a todas las demás en un registro de eventos.

**Significado de enrutamiento:** El propósito de esta métrica es el de precisar el balance que existe entre los arcos que entran a un nodo y los que salen de él.

**Significado de distancia:** Establece la relación entre el significado de la actividad origen con el significado de la actividad objetivo.

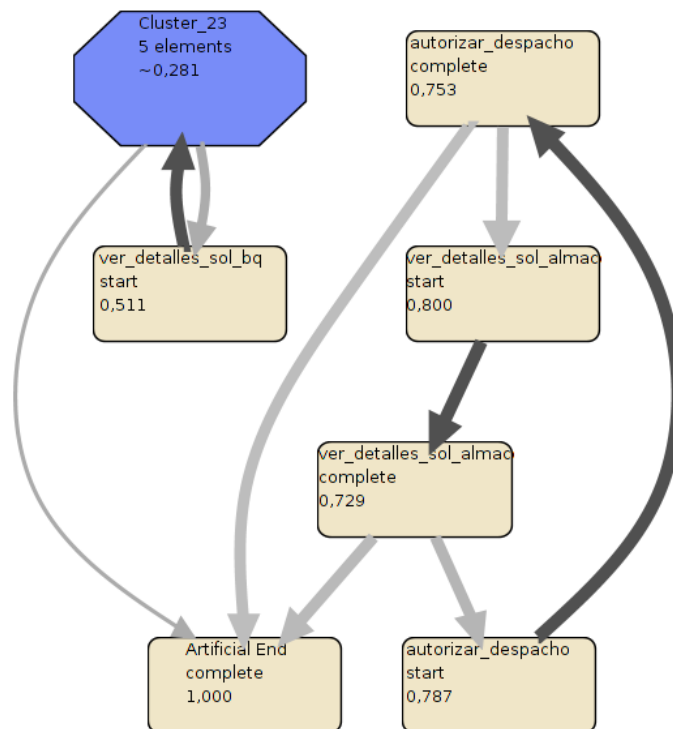


Figura 1.7. Modelo de proceso generado con FM

Fuente: Elaboración propia

### **Técnica Minería Difusa**

La Minería Difusa es una técnica de la Minería de procesos que muestra las actividades y sus relaciones según diferentes niveles de abstracción. Además permite agrupar tareas, aunque considera que cada tarea pertenece a un único nodo; y es empleada en el diagnóstico del registro de eventos, donde posibilita realizar análisis preliminares al descubrimiento, basados en la correlación entre las tareas y la importancia de una secuencia. Es una técnica que utiliza similitudes con la forma de representar la información en la cartografía, aplicando conceptos como: agregación, abstracción y personalización (van der Aalst , 2011).

La agregación hace referencia a la cantidad de elementos, nodos y relaciones que se deben mostrar. La cantidad de información que se muestra es controlada mediante el empleo de umbrales de permisibilidad. Mientras que la abstracción consiste en omitir de la visualización la información que en determinado contexto es insignificante. Por su parte la personalización permite configurar la información que se muestra de acuerdo a determinados criterios (Günther y otros, 2007).

La Minería Difusa asume que cada actividad puede pertenecer solamente a uno de los clústeres creados, sin tener en cuenta la presencia de relaciones de muchos a muchos entre actividades y clústeres. Además, es relevante señalar que, aunque maneja el ruido, no considera la ausencia de información en el registro de eventos.

#### **1.2.3 HeuristicsMiner**

HeuristicsMiner (HM) es un plugin de la herramienta ProM basado en el algoritmo del mismo nombre y es un plugin que presenta una alta robustez ante el ruido y las excepciones<sup>7</sup> debido a que se basa en la frecuencia de patrones lo que hace posible centrarse en el comportamiento principal en el registro de eventos (Weijters y otros, 2009).

El modelado de los procesos con HM requiere de la configuración de un número de parámetros, lo cual hace más entendible el modelo de proceso de acuerdo a las necesidades de cada usuario. Entre estos parámetros están:

---

<sup>7</sup> Excepciones: Patrones poco frecuentes.

**Dependency (Dependencia):** Indica cuán certera es la relación entre dos actividades, un valor alto (entre cero y uno) implica mayor probabilidad de relación de dependencia entre las actividades conectadas.

**All tasks connected (Todas las tareas conectadas):** Decide si todas las tareas deben estar conectadas en un modelo.

### **Algoritmo HeuristicsMiner**

El funcionamiento del algoritmo HM toma la frecuencia de los eventos y de las secuencias para generar el modelo de proceso. Es un algoritmo capaz de descubrir la mayoría de las estructuras de control (secuencias, lazos, paralelismo, entre otros) y de modelar el 100% de las trazas de ejecución de los procesos contenidas en un registro de eventos (Weijters y otros, 2009).

#### **1.2.4 Herramienta Disco**

Disco<sup>8</sup> (DC) es una aplicación informática de tipo escritorio orientada a la Minería de procesos y desarrollada por la compañía Fluxicon<sup>9</sup>. Es una herramienta privativa que posee una licencia gratuita limitada a fines académicos y su objetivo principal es el de apoyar a las organizaciones en el control de sus procesos. Disco realiza el descubrimiento de procesos a partir de los algoritmos de Minería de procesos más rápidos. Además cuenta con funcionalidades de filtrado de actividades, caminos y otros parámetros que enriquecen el modelo de proceso con información relevante acerca de la ejecución de las actividades.

#### **1.2.5 Herramienta Celonis Process Mining**

Celonis Process Mining<sup>10</sup> (CPM) es una solución web que brinda soporte al descubrimiento de procesos. Es una herramienta desarrollada con fines comerciales y está dirigida al sector industrial y empresarial. El uso de este software permite medir indicadores clave en cualquier punto del proceso, además de realizar análisis de las

---

<sup>8</sup> <http://www.fluxicon.com/disco/>

<sup>9</sup> <http://fluxicon.com/>

<sup>10</sup> <http://www.celonis.de/en/discover/our-product>

variantes de procesos, las cuales se pueden visualizar en modelos de procesos animados.

### 1.2.6 Análisis comparativo

A continuación se presenta una tabla resumen que recoge algunos parámetros a tener en cuenta para realizar una comparación entre los plugins, herramientas y técnicas orientadas al descubrimiento de procesos presentadas anteriormente.

**Tabla 1.1. Características de los plugins y herramientas que permiten detectar eventualidades**  
Fuente: Elaboración propia

Parámetros	IvM	FM	HM	DC	CPM
Licencia	LGPL	LGPL	LGPL	Privativa	Privativa
Plataforma	Múltiple	Múltiple	Múltiple	Múltiple	Múltiple
Importa registros XES	Si	Si	Si	Si	No
Genera modelos en una notación inspirada en BPMN	Si	Si	No	No	No
Exporta modelos a imágenes vectoriales	Si	Si	Si	No	No
Robustez ante el ruido	Si	Si	Si	Si	Si
Robustez ante la falta de información	Si	No	No	No	No
Anima el modelo de proceso	Si	Si	No	Si	Si
Detecta actividades frecuentes e infrecuentes	Si	Si	Si	Si	Si
Detecta cuellos de botella	Si	No	No	Si	Si
Detecta desviaciones de procesos	Si	No	No	No	No

Luego de haberse realizado el análisis comparativo entre estos plugins y herramientas se arribó a las siguientes conclusiones:

Las herramientas presentadas poseen licencias de software propietario. Lo cual implica invertir en el costo correspondiente al producto y en sistemas gestores de bases de datos. Además, hay que tener en cuenta que esto se debe repetir por cada estación de trabajo, servidor de aplicaciones o de base de datos que se necesite. Los altos precios de las licencias conllevan a realizar grandes inversiones de dinero por parte de las organizaciones hospitalaria que deseen modelar la ejecución de sus procesos.

Los plugins FM y HM presentan una alta robustez ante el ruido pero no permiten detectar desviaciones en los procesos. FM por no generar modelos de procesos en la notación inspirada en BPMN, el entendimiento de sus modelos se hace difícil, además

no permite detectar cuellos de botella. El plugin IvM es el más completo debido a que presenta robustez ante el ruido y permite detectar cuellos de botella, desviaciones y actividades frecuentes e infrecuentes, además en su funcionamiento si tiene en cuenta la ausencia de información.

### **1.3 Ambiente de desarrollo**

El ambiente de desarrollo son todas aquellas herramientas y tecnologías que se utilizaron para materializar en un producto de software los elementos que se abordan en el presente capítulo de la investigación. Entre estas se encuentran diversos marcos de trabajo (*framework*, por su nombre en inglés) que ayudaron a dar cumplimiento con mayor facilidad al objetivo general de la investigación. Un framework define, en términos generales, un conjunto estandarizado de conceptos, prácticas y criterios para enfocar un tipo de problemática particular, además provee una estructura y una metodología de trabajo así como una arquitectura de software definida.

#### **Lenguaje de programación: Java v1.6**

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por *Sun Microsystems* a principio de los años 90, y adquirida posteriormente por *Oracle Corporation*. Es un lenguaje robusto, pues no permite el manejo directo del *hardware* ni de la memoria. Dentro de sus principales ventajas se encuentra la de ser multiplataforma. Tiene muchas similitudes con el lenguaje C y C++ (García de Jalón y otros, 2000). 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.

#### **Servidor de base de datos: PostgreSQL v8.3**

PostgreSQL es un sistema de base de datos relacional que se destaca por su robustez, escalabilidad y cumplimiento de los estándares SQL<sup>11</sup>. Pertenece al ámbito del software libre y está bajo la licencia BSD (*Berkeley Software Distribution*). Cuenta con versiones para una amplia gama de sistemas operativos, entre los que se encuentran: Linux, Windows y Mac OS,

#### **Entorno de desarrollo integrado: Eclipse v3.4.2**

---

<sup>11</sup> SQL (Structured Query Language) es un lenguaje estándar para acceder a bases de datos.



Eclipse Ganymede es un entorno de desarrollo integrado de código abierto, portable y multiplataforma. Este fue diseñado originalmente por la empresa IBM (International Business Machines Corp.) y actualmente, es desarrollado por la Fundación Eclipse, una organización independiente, sin ánimos de lucro que fomenta una comunidad de código abierto. Eclipse basa en el uso de plugins, lo cual hace posible el trabajo en múltiples lenguajes de programación como son Java, C++, PHP, Perl y se le puedan añadir, además, otras funcionalidades. Cuenta además, con un sistema de control de versiones, el cual usando una combinación de vistas y editores que muestran los diversos aspectos de los recursos del proyecto organizados por el rol o la tarea del desarrollador, hace más fácil y eficiente el trabajo en equipo.

### **Visual Paradigm**

Visual Paradigm<sup>12</sup> es una herramienta profesional que soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de software: análisis y diseño orientados a objetos, construcción, pruebas y despliegue. Este software ayuda a una más rápida construcción de aplicaciones de calidad. Permite también dibujar todos los tipos de diagramas de clases y generar código desde diagramas.

### **Metodología de desarrollo**

Las metodologías de desarrollo software son un conjunto de procedimientos, técnicas, herramientas y soporte documental, fundamentales para el desarrollo de software (Gottber y otros, 2011).

La metodología de desarrollo AUP-UCI es empleada en los proyectos de desarrollo de la UCI. Esta es una metodología que se basa en una variación de la metodología Proceso Unificado Ágil (AUP, por sus siglas en inglés) en unión con el modelo CMMI (Capability Maturity Model Integration) para desarrollo (CMMI-DEV) versión 1.3. CMMI-DEV propone una solución integrada y completa para las actividades de desarrollo y de mantenimiento aplicadas a los productos y a los servicios.

### **Lenguaje Unificado de Modelado**

Lenguaje Unificado de Modelado (UML, por sus siglas en inglés) es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la

---

<sup>12</sup> <http://www.visual-paradigm.com/>

actualidad. Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software. UML ofrece un estándar para describir un "plano" del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocios y funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes de software reutilizables.

### **1.3.1 Tecnologías utilizadas**

A continuación se describen un conjunto de tecnologías y herramientas de código abierto, las cuales cumplen con las políticas de independencia tecnológica definidas en Cuba para la informatización de la sociedad cubana.

#### **Java Server Faces v1.2**

Java Server Faces (JSF) es un *framework* de desarrollo basado en el patrón MVC (Modelo-Vista-Controlador). Desarrollado a través del *Java Community Process*, la tecnología JSF establece el estándar para la construcción de interfaces de usuario del lado del servidor (Liu, 2011).

#### **Java Platform Enterprise Edition v5.0**

Java Platform Enterprise Edition (JavaEE) 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, 2007). Se basa ampliamente en componentes de software modulares y se ejecuta sobre un servidor de aplicaciones.

#### **Java Persistence API**

Java Persistence API (JPA), es la API<sup>13</sup> de persistencia desarrollada para la plataforma *JavaEE*. Esta API busca unificar la manera en que funcionan las utilidades que proveen un mapeo objeto-relacional. El objetivo que persigue el diseño de la misma es no perder las ventajas de la orientación a objetos al interactuar con una base de datos y permitir usar objetos regulares.

---

<sup>13</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.

### **Hibernate v3.3**

Hibernate es una herramienta de mapeo objeto relacional. Es una tecnología de software libre distribuida bajo los términos de la licencia GNU<sup>14</sup> LGPL. Como todas las herramientas de su tipo, busca solucionar el problema de la diferencia entre los dos modelos de datos coexistentes en una aplicación: el usado en la memoria de la computadora (orientación a objetos) y el usado en las bases de datos (modelo relacional). Le permite a la aplicación manipular los datos de la base de datos operando sobre objetos, con todas las características de la programación orientada a objetos, *Hibernate* convierte los datos entre los tipos utilizados por Java y los definidos por SQL.

### **Seam v2.1.1**

Seam 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), JSF, JPA, Enterprise Java Beans y BPM (Liu, 2011). Seam elimina la capa artificial que existe entre Enterprise Java Beans v3.0 y JSF y provee un consistente sistema de anotaciones para integrar estos dos *frameworks*. Comparada con aplicaciones desarrolladas en otros *frameworks*, las aplicaciones Seam son conceptualmente simples y requieren significativamente menos código (en Java y en XML) para obtener las mismas funcionalidades.

### **Java Runtime Environment**

Java Runtime Environment (JRE) (entorno en tiempo de ejecución Java) es un conjunto de utilidades que permite la ejecución de programas Java sobre todas las plataformas soportadas. La Máquina Virtual de Java (JVM) es una instancia de JRE en tiempo de ejecución. Esta 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.

### **Jboss Server v4.2.2**

Jboss Server es un servidor de aplicaciones Java y actualmente es el más utilizado. Cientos de profesionales y desarrolladores de código abierto han contribuido a su

---

<sup>14</sup> GNU (acrónimo recursivo de «GNU No es Unix») es un sistema operativo de tipo Unix, lo cual significa que se trata de una colección de muchos programas: aplicaciones, bibliotecas, herramientas de desarrollo y hasta juegos.

creación y desarrollo. Provee servicios extendidos de almacenamiento de datos en memoria y de manera persistente. Permite la integración de todas las tecnologías y herramientas utilizadas por Seam. Es actualizado e integrado constantemente con lo último del estado del arte de las aplicaciones web.

### **Java Server Facelets v1.1**

Java Server Facelets es un *framework* para plantillas centrado en la tecnología JSF, por lo cual, se integran de manera fácil.

### **JBoss RichFaces v3.3.1**

JBoss RichFaces es una librería de componentes web enriquecidos, de código abierto y basada en el estándar de 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) (Hernandis, 2011). Se integra completamente dentro del ciclo de vida JSF. Permite crear interfaces de usuario modernas de manera eficiente y rápida, basadas en componentes listos para usar, altamente configurables en cuanto a temas y esquemas de colores predefinidos por el propio *framework* o desarrollados a conveniencia, lo que mejora grandemente la experiencia de usuario.

### **Enterprise JavaBeans v3.0**

Enterprise JavaBeans (EJB) 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 aplicaciones EJB. Su objetivo es simplificar el desarrollo de aplicaciones Java y estandarizar el API de persistencia para la plataforma Java. Forma parte de la especificación JavaEE 5.

### **Conclusiones del capítulo**

Con la realización del presente capítulo se plantearon los conceptos fundamentales relacionados con la investigación para lograr una mejor comprensión de la problemática, además de las definiciones necesarias para lograr un mejor entendimiento del campo de acción en el que se está investigando.

La comparación realizada entre los plugins, herramientas y técnicas de Minería de procesos que permiten detectar eventualidades, permitió realizar un análisis valorativo de las principales características del plugin IvM. Se definió a este plugin como el más

completo para obtener modelos de los procesos del HIS del CESIM, con el objetivo de detectar eventualidades en los mismos, por lo que se propone realizar una personalización del mismo para dar solución al problema a resolver.

## 2

## Capítulo 2. Propuesta de solución.

El presente capítulo describe todos aquellos elementos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la personalización del plugin IvM y presenta el procedimiento realizado para la integración de la misma al HIS, como herramienta para la detección de eventualidades en los procesos.

### 2.1 Flujo de información de la personalización del plugin IvM

El HIS cuenta con un componente de extracción y transformación de trazas de procesos. Este componente se encarga de conectarse a la base de datos, extraer la información de la ejecución de las actividades del HIS y con esta información, generar el registro de eventos, el cual es el punto de entrada de la personalización del plugin IvM. En la Figura 2.1 se muestra el flujo de información de esta personalización, la cual integrada al HIS, extrae conocimientos del registro de eventos para realizar el análisis y posteriormente producir el modelo de proceso.

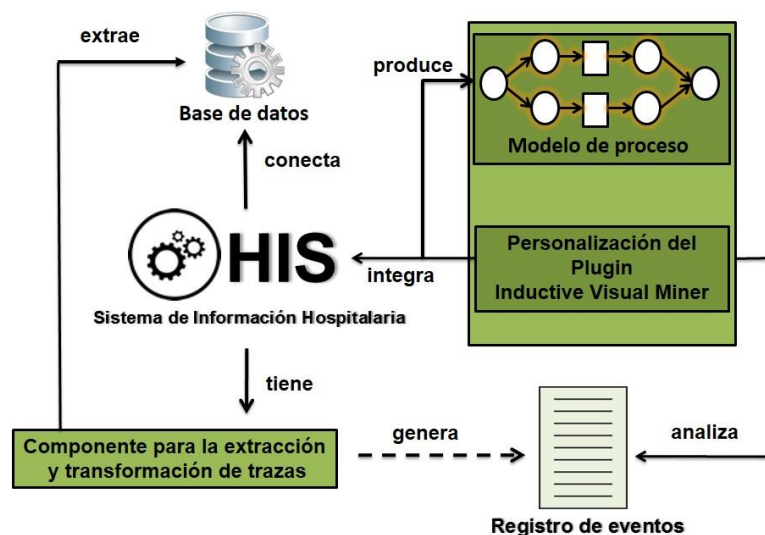


Figura 2.1. Flujo de información de la personalización del plugin IvM

Fuente: Elaboración propia

Para una mejor comprensión del desarrollo de la propuesta de solución se elaboraron los artefactos ingenieriles, dirigirse a los Anexos 9, 10, 11, 12, 13 y 14 para más detalles.

## 2.2 Descripción de la arquitectura

La arquitectura de software es el conjunto de patrones y abstracciones coherentes que proporcionan el marco de referencia necesario para guiar la construcción de un software. El objetivo principal de la misma es aportar elementos que ayuden a la toma de decisiones y al mismo tiempo, proporciona conceptos y un lenguaje común que permiten la comunicación entre los equipos que participan en un proyecto.

El desarrollo del HIS se basa en el patrón arquitectónico MVC. Este es un patrón que separa la lógica de negocio de la interfaz de usuario en tres capas diferentes:

**Modelo:** Se encarga de la carga, modificación, eliminación y persistencia de la información en la base de datos. Esta capa valida también los datos antes de persistirlos. Todo este manejo de datos se realiza mediante Hibernate que abstrae al desarrollador del gestor de base de datos utilizado, a partir del mapeo de tablas, esto permite llevar las consultas a un lenguaje de objetos.

**Vista:** Es la que se encarga de la visualización de la información. Está compuesta por páginas XHTML (**EX**tensible **HyperText Markup Language**) y controles JSF, Seam y RichFaces. Estos componentes enriquecen la interfaz de usuario proporcionando un agradable diseño y vistosidad, además optimiza el envío y carga de datos mediante los componentes ajax4jsf<sup>15</sup>.

**Controlador:** La capa de negocio está compuesta por clases controladoras que se encargan de definir la lógica del negocio, el manejo y la validación de los datos capturados en la capa que se encarga de visualizar la información. Estas clases se ubican mediante anotaciones Seam en distintos contextos que permiten mantener el estado de los datos que manejan. En esta capa se manejan también las reglas del negocio, lo cual le da mayor dinamismo y funcionalidad al sistema.

---

<sup>15</sup> ajax4jsf: es una librería de código abierto que se integra a la arquitectura de JSF para extender sus funcionalidades con la tecnología AJAX de forma limpia y sin añadir código *JavaScript*.



Figura 2.2. Patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador

Fuente: Elaboración propia

### 2.3 Patrones de diseño

*"Cada patrón de diseño describe un problema que ocurre una y otra vez en nuestro entorno, así como la solución a ese problema, de tal modo que se puede aplicar esta solución un millón de veces, sin hacer lo mismo dos veces."*

*Christopher Alexander<sup>16</sup>*

Los patrones de diseño son soluciones a problemas comunes en el diseño de aplicaciones. Su implementación en la programación ahorra tiempo y mejora el software haciéndolo más eficiente, dinámico y seguro. En un momento dado estos patrones son

<sup>16</sup> Arquitecto austriaco, reconocido por sus diseños destacados de edificios en California, Japón y México. Partiendo de la premisa de que los usuarios de los espacios arquitectónicos saben más que los arquitectos sobre el tipo de edificios que necesitan, creó y validó (junto a Sarah Ishikawa y Murray Silverstein) el término lenguaje de patrón, un método estructurado que pone la arquitectura al alcance de personas no especializadas profesionalmente en la materia, y que popularizó en su libro *A Pattern Language*.



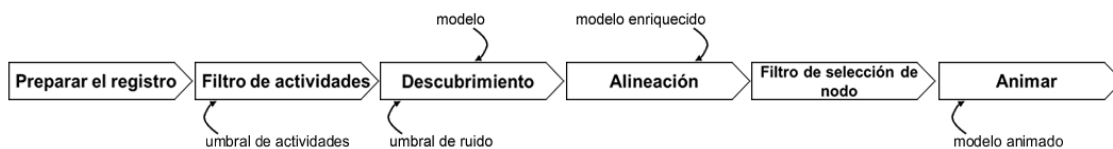
una solución efectiva a un problema determinado y puede ser reusable aplicándose a otros problemas de diseño en distintas circunstancias.

Entre los patrones de diseño se encuentran los patrones **GRASP** (**General Responsibility Assignment Software Patterns**). Estos patrones describen los principios fundamentales de diseño de objetos para la asignación de responsabilidades. Los mismos tuvieron una importante utilidad en el diseño de la propuesta de solución, asignándose a cada clase las tareas que podían realizar según la información que poseía, además de crear las instancias de otras clases en correspondencia con la responsabilidad dada. Los patrones **GRASP** que se pusieron de manifiesto en el diseño realizado fueron el **Experto** y el **Creador**. Con esto se logró conservar el encapsulamiento, pues los objetos logran valerse de su propia información para realizar lo que se les pide.

El uso de los patrones **Bajo acoplamiento** y **Alta cohesión** permitió la colaboración entre las clases, sin verse afectada la reutilización de las mismas y el entendimiento de estas cuando se encuentran aisladas.

## 2.4 Inductive visual Miner: personalización

La arquitectura del plugin IvM se asemeja a una cadena de análisis y visualización de tareas, como se puede ver en la Figura 2.3. A continuación se describen cada una de ellas, además de los cambios que se le hicieron IvM en la realización de la personalización del mismo.



**Figura 2.3. Cadena de análisis de IvM**

Fuente: Elaboración propia

El objetivo de la tarea *Preparar el registro* es extraer la información necesaria del registro de eventos para su posterior uso en las siguientes fases. A partir de esta información se obtienen la cantidad de actividades que componen el proceso, la cantidad de instancias en total que posee el mismo y la cantidad de instancias por cada camino de proceso diferente.

En la tarea *Filtro de actividades*, se establece un umbral<sup>17</sup> que define la cantidad de actividades que se van a mostrar en el modelo. A partir de este umbral se realiza el filtro de las actividades, donde las actividades más frecuentes se mantienen, y los acontecimientos de otras actividades se filtran. Para facilitar el análisis del proceso que se modela, se definió que el valor umbral antes mencionado tomará un valor por defecto y no sufrirá cambios en ninguna otra tarea del análisis.

En la tarea de *Descubrimiento* se aplica una extensión del algoritmo de descubrimiento Inductive Miner denominada Inductive Miner - infrequent, el cual recibe como parámetro un umbral de ruido para a partir del registro de eventos, ya previamente generado en Xlog, producir un árbol de proceso<sup>18</sup>. Se definió por defecto que el valor del umbral de ruido sería de un 20 por ciento, con el objetivo de hacer más fácil el procedimiento del modelado del proceso.

La tarea de *Alineación*, mediante el algoritmo *Evolutionary Tree Miner*, alinea las trazas del registro de eventos para producir a partir del árbol de proceso, ya generado en el *Descubrimiento*, un mejor modelo de proceso en una notación inspirada en la BPMN, con el objetivo de facilitar el entendimiento del mismo. Esto es necesario en caso de desviaciones entre el modelo y el registro de eventos. A partir de la alineación, se enriquece el modelo con información de la frecuencia en que fueron ejecutados los elementos que componen el modelo, en el registro de eventos.

El *Filtro de selección de nodo* es la tarea que define los caminos que interrelacionan los nodos del modelo de proceso. Para esto se necesita un criterio de selección y se definió por defecto el de mantener solo los caminos por los que la cantidad de trazas que pasen por él, sea la mayor.

La tarea final, *Animar*, se encarga de realizar la animación de las instancias del proceso durante su trayectoria por los elementos que componen el modelo. En esta tarea lo primero que se realiza es la obtención del modelo en imagen vectorial<sup>19</sup> (SVG), esto se lleva a cabo mediante la librería *Graphviz*.

---

<sup>17</sup> Umbral: es la entrada, el principio, el comienzo o el primer paso de cualquier cosa o proceso.

<sup>18</sup> Árbol de proceso: Diagrama que muestra la evolución del proceso en el sistema.

<sup>19</sup> Imagen vectorial: es una imagen digital compuesta de objetos geométricos independientes. Estos objetos pueden ser segmentos o polígonos y sus características están definidas por atributos matemáticos que indican su color, posición, entre otros.

Luego de obtener el modelo en SVG se realiza la animación de las instancias del proceso, a lo que se le añadió el cálculo de la media del tiempo de ejecución de las mismas, para la búsqueda de la desviación cuadrática de este tiempo de ejecución. Este cálculo se realiza, a partir de las marcas de tiempo que contienen cada instancia de proceso. Después de realizado cálculo, se definen cuáles son las instancias que están por encima o por debajo de la media, con el objetivo de diferenciar en el modelo las instancias cuyo tiempo de ejecución se comporta con un carácter lento, rápido o normal. Si el registro de eventos no contiene marcas de tiempo, se insertan de manera aleatoria con fines de demostración, por lo que el cálculo de la desviación en este caso tampoco es real.

La fórmula de desviación cuadrática utilizada es  $\sqrt{\frac{\sum(x-\mu)^2}{n}}$ , donde  $x$  es el valor del tiempo de ejecución de la instancia,  $\mu$  el valor de la media del tiempo y  $n$  es el número total de instancias de procesos. Esta fórmula se le añadió a la clase `AnimationSVG` del plugin, la cual hace el cálculo y luego la clase `SVGTokens` convierte en imagen vectorial la información de cada una de las instancias del proceso para luego ser añadida al SVG del modelo de proceso.

## 2.5 Algoritmo Inductive Miner

Inductive Miner (IM) es un algoritmo de descubrimiento de Minería de procesos, el cual trabaja recursivamente y se basa en la técnica divide y vencerás. Su funcionamiento comienza en seleccionar el operador raíz que mejor se adapte a un registro de eventos  $L$ , luego divide las actividades de  $L$  en conjuntos disjuntos formando nuevos registros y continua dividiendo hasta que cada registro contiene una sola actividad.

### Inductive Miner – infrequent

Inductive Miner – infrequent (IMi) es una extensión del algoritmo IM, la cual se complementa con la adición de filtros de comportamientos poco frecuentes a todos los

---

pasos de IM. En cada uno de los pasos operativos de IM se describe cómo el comportamiento poco frecuente afecta cada paso y como de forma distintiva el comportamiento frecuente y poco frecuente puede ser utilizado para mejorar el descubrimiento del modelo en un ochenta por ciento.

Las frecuencias de cada una de las trazas y los eventos son ignorados por IM, mientras que IMi si los tiene en cuenta con el fin de distinguir el comportamiento frecuente y poco frecuente.

## 2.6 Algoritmo Evolutionary Tree Miner

Evolutionary Tree Miner (ETM) es un algoritmo genético de descubrimiento de procesos. Su funcionamiento se basa en crear un conjunto de modelos que luego son evaluados de acuerdo con las cuatro dimensiones de calidad (van Eck, 2013):

**Aptitud:** esta dimensión cuantifica el grado en que el modelo de proceso descubierto puede reproducir correctamente los casos almacenados en el registro de eventos. Un modelo que no tiene una respuesta perfecta de aptitud puede contener actividades que a veces se saltan en el registro de eventos, este puede contener eventos que no están descritos por el modelo, o actividades que pueden ser ejecutadas en un orden distinto en un registro de eventos que se describe por el modelo.

**Simplicidad:** la dimensión simplicidad se refiere a que el mejor modelo es el modelo más simple que puede explicar el comportamiento observado en el registro de eventos.

**Precisión:** esta dimensión especifica que el modelo no debe permitir un comportamiento que no tiene relación con el registro de eventos.

**Generalización:** el modelo debe generalizar el comportamiento observado en el registro de eventos.

En caso de que ninguno de estos criterios de parada haya sido satisfecho, el conjunto de modelos será modificado al azar y el proceso de evaluación será efectuado nuevamente. Este ciclo se estará ejecutando hasta que uno de los criterios de paradas haya sido satisfecho y en cuyo caso se retornara el modelo con mejor calificación.

## 2.7 Procedimiento de integración de la personalización del plugin IvM al HIS

Con la personalización del plugin IvM se pretende realizar una herramienta la cual sea nativa del HIS, para así facilitar el análisis y modelado de los procesos dentro del propio sistema, sin hacer uso de herramientas externas mucho más complejas y ajenas al mismo. A continuación se presenta una serie de pasos necesarios para la integración de la personalización del plugin IvM como herramienta al HIS.

### 2.7.1 Punto de Entrada: generación del registro de eventos

En un primer paso para la integración se hace necesario conocer acerca del componente extractor de la información de los procesos del sistema para después proceder a su análisis. Una vez realizado el estudio de dicho componente se determina que el mismo devuelve un tipo de dato llamado XLog, conocido también como registro de eventos. Este constituye el punto de partida de la mayoría de los plugins y herramientas que generan modelos de procesos, entre los que se encuentra IvM.

El componente extrae la información en forma de traza, la cual es equivalente a una instancia de proceso, la misma recopila varios datos. Entre los que se encuentran:

**Resource:** es el que almacena el responsable de ejecutar la actividad.

**Timestamp:** contiene la marca de tiempo de cuando se ejecutó la actividad.

**Concept:Name:** recoge el nombre de la actividad que se ejecutó.

**LifeCycle:** almacena el ciclo de vida de las actividades y sus posibles valores son *start* y *completed*, estos valores definen si la actividad se encuentra iniciada o terminada respectivamente.

```

<trace>
  <string key="concept:name" value="4364"/>
  <string key="creator" value="HIS to CESIM"/>
  <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>
  <event>
    <string key="org:resource" value="root"/>
    <date key="time:timestamp" value="2012-03-01T21:15:46.313+01:00"/>
    <string key="concept:name" value="despacho_sol_bq"/>
    <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
  </event>
</trace>

```

Figura 2.4. Fragmento de un registro de eventos generado por el componente para extraer y transformar las trazas

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizarse la extracción del registro de eventos, se procede al análisis de Minería de procesos.

### 2.7.2 Realizar el análisis y modelado

Una vez preparado el punto de entrada de la herramienta, se procede a la realización del análisis y modelado. Esto comienza con la realización de una instancia del plugin IvM al que se le pasa por parámetro el XLog generado. Específicamente la clase `InductiveVisualMiner` se encarga de realizar el análisis y modelado del proceso. Luego mediante el método **ExportSVG** se exportará el resultado a SVG para su posterior visualización en un componente creado en el HIS. Una vez realizado el análisis y modelado se procede al siguiente paso.

```

this.miner = new InductiveVisualMiner(this.trace.getXlog());
this.miner.getState().setColourMode(this.getColourmode());
this.miner.ExportSVG(path_Svg);

```

Figura 2.5. Fragmento del código del análisis y modelado del proceso

Fuente: Elaboración propia

### 2.7.3 Visualización

Para lograr la visualización de los modelos de procesos, se desarrolló una interfaz que se divide en dos áreas: el área donde se definen los datos para el modelado y el área donde se muestra el modelo de proceso. Una vez generado el mismo, se procede a la detección de las eventualidades del proceso que se está analizando, las cuales se pueden apreciar a simple vista en el modelo de proceso generado.

**Conclusiones del capítulo**

La realización de este capítulo permitió caracterizar cada uno de los elementos necesarios para el desarrollo de la personalización del plugin IvM. Además permitió describir el procedimiento para integrar la personalización desarrollada al HIS, como herramienta nativa del mismo para detectar eventualidades en los procesos sin hacer uso de herramientas externas. Con esta integración se desarrollaron las interfaces para la visualización de los modelos de procesos en el HIS.



## Capítulo 3. Validación de la propuesta de solución.

El presente capítulo muestra la personalización del plugin IvM integrada al HIS, como una herramienta para modelar los procesos de la institución hospitalaria, con el objetivo de detectar eventualidades en la ejecución de los mismos. Haciendo uso de la misma, se analizan dos de los procesos del HIS, con el principal propósito de validar los resultados obtenidos.

### 3.1 Personalización del plugin IvM como herramienta para detectar eventualidades en los procesos del HIS

La personalización del plugin IvM ha sido desarrollada como herramienta nativa del HIS para generar modelos de procesos a partir del registro de eventos. Para ello, inicialmente debe definirse el proceso que se desea analizar, la fecha de inicio y la fecha de fin y el tipo de análisis que se le desea realizar al proceso, en este caso *Eventualidades*, esto se realiza en el área de entrada de los datos necesarios para el modelado. Luego de definirse estos datos se procede a generar el modelo.

El modelo de proceso podrá visualizarse en el área en la que se muestran los modelos. Una vez que se genere, se puede apreciar encima del mismo tres opciones, las cuales hacen referencia al modelo de proceso que se desee analizar.

La primera opción se nombra *Caminos* y es la que inicialmente se encuentra seleccionada. Esta opción es la que permite generar el modelo conteniendo solo las actividades y los caminos que componen el proceso.

La segunda opción nombrada *Desviaciones* es la que permite generar el modelo con las desviaciones que pueda presentar el proceso y las actividades que componen el mismo. La tercera opción se nombra *Ambos*, esta permite visualizar en el modelo la combinación de las otras dos opciones.

La animación del modelo consiste en el traslado de cada una de las instancias del proceso por el camino que une las actividades que componen la ejecución de las mismas. Estas toman forma de elipses y se representan en color amarillo, rojo o verde. Las elipses color amarillo son aquellas instancias cuyo tiempo de ejecución no se desvía



mucho con respecto al tiempo medio de ejecución. Mientras que las elipses de color verde, representan a las instancias que se ejecutan con una velocidad alta; y las elipses de color rojo denotan a las instancias que se ejecutan con una velocidad baja, con respecto al tiempo medio de ejecución de todas las instancias del proceso.

Las actividades más frecuentes del proceso pueden ser visualizadas con mayor facilidad debido a que las mismas se resaltan en color azul fuerte, mientras que las menos frecuentes toman color azul claro. Las desviaciones pueden ser observadas mediante líneas rojas discontinuas. Los cuellos de botella pueden apreciarse a partir del movimiento que realizan las elipses, lo cual se puede apreciar cuando se acumulen en una sola actividad y se trasladen hacia otra con una velocidad por debajo a la que entraron a la actividad anterior. Si se desea visualizar una actividad con más detalle, el modelo de proceso se puede ampliar en el área de la actividad que se desee detallar.

En el área que se muestran los resultados, también se pueden apreciar los controles de la animación del modelo de proceso, compuestos por el botón de reproducir y pausar la animación; además del control del tiempo, el cual permite adelantar o atrasar la animación. Además de estos botones se encuentra la leyenda que contiene la cantidad de instancias con tiempo de ejecución, alto, medio o bajo, además de la fecha y hora en las que se iniciaron cada una de las instancias. En caso que se desee obtener la información de una instancia de proceso, se procederá a pausar la animación y luego se dará clic encima de la instancia deseada. En el Anexo 2, se puede apreciar el modelo del proceso *Solicitar Producto*, del HIS, generado con la opción *Ambos*.

### **3.2 Diseño de la validación**

La validación tiene como objetivo demostrar que la personalización del plugin IvM permite detectar eventualidades en los procesos del HIS, a partir del modelado de los mismos. Para ello se analizan los procesos *Solicitar Producto* y *Solicitar Interconsulta Hospitalaria* del HIS, pertenecientes a los módulos *Almacén* y *Hospitalización* respectivamente; en espera de que surjan eventualidades en la ejecución de los mismos. Primero se analiza la frecuencia de las actividades, luego las desviaciones y por último los posibles cuellos de botella de los procesos que se analizan. Se definieron los procesos de estos dos módulos del HIS por el extenso volumen de información que contienen las bases de datos de los mismos.

### 3.3 Análisis de frecuencia

El objetivo del análisis de frecuencia es analizar la frecuencia de ocurrencia de las actividades que componen los procesos seleccionados. Para esto se definió un rango de fecha, con el fin de identificar las actividades que se ejecutaron con mayor y menor frecuencia.

#### Proceso *Solicitar Producto*

El proceso *Solicitar producto* se analiza entre las fechas 01/01/2011 y 01/01/2015, en este rango, el proceso fue ejecutado 1140 veces, o sea, el registro de eventos contiene 1140 instancias de procesos. De ellas 1104 se ejecutaron con una velocidad media, mientras que 36 de ellas lo hicieron con una velocidad baja, con respecto al tiempo medio de ejecución de todas las instancias del proceso y ninguna lo hizo con una velocidad alta. En el Anexo 3 se puede apreciar el modelo correspondiente a este proceso en el rango de fecha que se analiza, con la opción *Caminos*.

Las actividades más frecuentes son *ver\_detalle\_sol\_almacen* y *autorizar\_despacho*, con una cantidad de instancias de 1127 y 1112 respectivamente. A continuación en la Tabla 3.1 se presenta el número de ocasiones en que fueron ejecutadas cada una de las actividades que componen este proceso.

**Tabla 3.1. Cantidad de instancias de cada una de las actividades del proceso *Solicitar producto* en el rango de fecha 01/01/2011 - 01/01/2015**

Fuente: Elaboración propia

Actividades	Cantidad de instancias
<i>ver_detalle_sol_almacen</i>	1127
<i>autorizar_despacho</i>	1012
<i>aceptar_niveles</i>	48
<i>ver_detalle_sol_bq</i>	10
<i>despacho_sol_bq</i>	9
<i>modificar_solicitud_licitacion</i>	4
<i>ver_detalle_sol_licitacion</i>	3

El camino más frecuente es [*ver\_detalle\_sol\_almacen* - *autorizar\_despacho*], específicamente 1127 instancias entran por ese camino y 1112 se trasladan hacia el final del mismo.

### Proceso *Solicitar Interconsulta Hospitalaria*

El proceso *Solicitar Interconsulta Hospitalaria* se analiza entre las fechas 01/01/2011 y 01/01/2015, en este período de tiempo el registro de eventos contiene 223 instancias del proceso. El número de instancias que se ejecutan con una velocidad media es de 213, mientras que 10 lo hacen con una velocidad baja y ninguna lo hizo con una velocidad alta, con respecto al tiempo medio de ejecución de todas las instancias del proceso.

En el período de tiempo que se analiza, el camino más frecuente es una sola actividad, como se observa en el Anexo 5, la actividad más frecuente es *crear\_hoja\_interconculta\_hosp* con 223 instancias de proceso, esta es la única actividad que compone el proceso en la opción *Caminos*.

### 3.4 Análisis de desviaciones

En la bibliografía consultada se evidencia la existencia de dos tipos de desviaciones en los procesos: cuando una instancia del proceso contiene un evento que no está permitido por el modelo es un movimiento del registro y si el modelo requiere una actividad que no está presente en la instancia del proceso entonces es un movimiento del modelo (Leemans y otros, 2014).

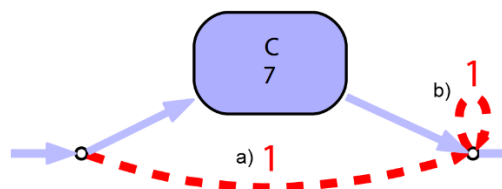


Figura 3.6. Desviación de un proceso, a) movimiento del modelo, b) movimiento del registro

Fuente: (Leemans y otros, 2014)

El análisis de desviaciones pretende verificar si en los modelos generados con la personalización del plugin IvM se pueden observar las desviaciones de los procesos que se analizan. A continuación se presentan las desviaciones de los procesos seleccionados para el análisis.

### Proceso *Solicitar Producto*

Para detectar las desviaciones en el proceso *Solicitar Producto* se modeló el mismo entre las fechas 01/01/2011 y 01/01/2015, se observa en el modelo (Anexo 6) la existencia de desviaciones en este proceso.

Las desviaciones que se manifiestan en el modelo generado son de tipo movimiento en el modelo y son ocasionadas por falta de información en el registro de eventos. Esto sucede debido a que en el camino en que ocurre la desviación existen actividades que no se ejecutaron cuando debieron haberlo hecho, lo cual constituye una violación en la ejecución del proceso.

Como se observa en la Anexo 7, el camino compuesto por las actividades *ver\_detalle\_sol\_almacen* y *autorizar\_despacho* sufre dos desviaciones. La desviación a) ocurre debido a que la actividad *ver\_detalle\_sol\_almacen* en una ocasión se comenzó pero no se completó. Mientras que la desviación b) ocurre debido a que la actividad *autorizar\_despacho* se ejecutó solo 1112 ocasiones, cuando debió haberse ejecutado 1127 veces, o sea, existen 15 instancias que no contienen esta actividad, Estas instancias debían haberse trasladado por esta actividad, pero se desvían trasladándose directamente hacia el final del camino.

Otro de los caminos que sufre desviación es el que está compuesto por las actividades *ver\_detalle\_sol\_bq* y *despacho\_sol\_bq*. Como se observa en la Anexo 8, existe una instancia de procesos que en su ejecución no está registrada la actividad *despacho\_sol\_bq*, esto quiere decir que esta actividad se ejecutó solo nueve veces de diez que debió haberse ejecutado.

El análisis de las desviaciones del proceso *Solicitar Producto* en el período de tiempo de 01/01/2011 a 01/01/2015 demuestra que el camino que más desviaciones sufre es [ver\_detalle\_sol\_almacen-autorizar\_despacho], el cual también es el camino que contiene las actividades con mayor frecuencia de ejecución. En la Tabla 1.2 se puede apreciar el número de desviaciones por cada camino.

**Tabla 3.2. Caminos del proceso *Solicitar producto* con el número de desviaciones correspondiente a cada uno, entre las fechas 01/01/2011 y 01/01/2015**

Fuente: Elaboración propia

Camino	Instancias desviadas	Total de instancias
[ver_detalle_sol_almacen-autorizar_despacho]	15	1127
[ver_detalle_sol_bq-despacho_sol_bq]	1	10

[ver_detalle_sol_licitacion- modificar_solicitud_licitacion- aceptar_niveles]	0	3
---	---	---

### **Proceso *Solicitar Interconsulta Hospitalaria***

El proceso *Solicitar Interconsulta Hospitalaria* se analiza entre las fechas 01/01/2011 y 01/01/2015, en este período, el proceso no presentó desviaciones.

### **3.5 Análisis de cuellos de botella**

En espera de ocurrencia de cuellos de botella se definieron dos intervalos de tiempo para realizar el análisis a los procesos definidos. En los modelos de procesos obtenidos no se puede presenciar a simple vista los cuellos de botella, debido a que ninguna de las actividades que los componen presentó acumulación de instancias.

### **Conclusiones del capítulo**

En este capítulo se presentó la personalización del plugin IvM como herramienta del HIS para detectar eventualidades en los procesos, describiéndose los elementos que componen la interfaz que permite visualizar los modelos de procesos.

Con el análisis realizado a los procesos del HIS se detectaron desviaciones en la ejecución de uno de ellos. Además el análisis de frecuencia realizado a las actividades que componen los procesos, permitió identificar cuáles son aquellas actividades que se ejecutan con mayor y menor frecuencia. Por lo tanto se puede concluir que la personalización del plugin IvM permite detectar eventualidades en la ejecución de los procesos del HIS.

## Conclusiones

A partir del cumplimiento del objetivo general trazado para la presente investigación, se arriba a las siguientes conclusiones:

- El planteamiento de los conceptos fundamentales relacionados con la investigación, permitió adquirir los conocimientos necesarios para una mejor comprensión de la problemática planteada y un entendimiento del campo de acción de la investigación.
- El análisis realizado a las tendencias actuales que permiten detectar eventualidades en los procesos, demostró la necesidad de desarrollar una personalización del plugin IvM, para la detección de las mismas en la ejecución de los procesos del HIS.
- La personalización del plugin IvM, permitió detectar eventualidades en la ejecución de los procesos del HIS.
- La asimilación de las herramientas definidas en el desarrollo del HIS, permitió integrar la personalización desarrollada, como herramienta nativa del mismo, además del desarrollo de las interfaces para mostrar los modelos de procesos.
- El análisis realizado a los procesos *Solicitar Producto* y *Solicitar Interconsulta Hospitalaria* del HIS, permitió validar la capacidad de la personalización desarrollada para detectar eventualidades en los mismos.
- Los modelos obtenidos a partir de la ejecución del plugin personalizado, permite detectar cuellos de botella y desviaciones en la ejecución de los procesos del HIS, además de la identificación de las actividades con más frecuencia de ejecución. Lo que favorecerá a investigadores y analistas de procesos hospitalarios tomar decisiones al respecto.

## **Recomendaciones**

Para dar continuidad a la presente investigación, los autores proponen las siguientes recomendaciones:

- Desarrollar un componente para la interpretación de los modelos obtenidos, que permita facilitar la comprensión de los mismos.
- Desarrollar un componente que permita generar reglas en la ejecución de los procesos hospitalarios.

---

## Referencias Bibliográficas

(Benghazi y otros, 2011) **BENGHAZI, KAWTAR, GARRIDO BULLEJOS, JOSÉ LUIS, NOGUERA GARCÍA, MANUEL. 2011.** *Introducción al Modelado de Procesos de Negocio.* Granada: Universidad de Granada.

(Davenport, 1993) **DAVENPORT, T.H. 1993.** *Process innovation: reengineering work through information technology.* Boston, Mass.: Harvard Business School Press.

(De Weerdts y otros, 2012) **DE WEERDT, J., DE BACKER, M., VANTHIENEN, J., BAESENS, B. 2012.** *A multi-dimensional quality assessment of state-of-the-art process discovery algorithms using real life event logs.* *Information Systems.*

(Espinoza, 2012) **ESPIÑOZA, FERNANDO. 2012.** *Automatizando Procesos de Gestión con BPM Open Source ProcessMaker.*

(Fernández-Alarcón, 2006) **FERNÁNDEZ-ALARCÓN, VICENÇ. 2006.** *Desarrollo de sistemas de información: una metodología basada en el modelado.* Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya. ISBN: 84-8301 -862-4.

(Fernández-Puerto, y otros, 2003) **FERNÁNDEZ-PUERTO, FRANCISCO J., GATICA, FLORINA. 2003.** *Sistema de Información Hospitalaria.* México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.

(Figl y otros, 2013) **FIGL, K., RECKER, J., MENDLING, J. 2013.** *A study on the effects of routing symbol design on process model comprehension.* *Decision Support Systems.*

(Franky, 2007) **FRANKY, MARÍA CONSUELO. 2007.** *Java EE 5 (sucesor de J2EE): el reto de volver a empezar.* s.l. : CincoSOFT Ltda...

(García de Jalón y otros, 2000) **GARCÍA DE JALÓN, J., RODRIGUEZ IÑIGO, M. J., ALFONSO BRAZÁLEZ, A. I., LARZABAL, A., CALLEJA, J., GARCÍA, J. 2000** *Aprenda Java como si estuviera en primero.* S.l.: Universidad de Navarra.

(Garimella y otros, 2008) **GARIMELLA, KIRAN, LEES, MICHAEL, WILLIAMS, BRUCE. 2008.** *Introducción a BPM para Dummies.* Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., ISBN: 978-0-470-37359-0.



(Gottber y otros, 2011) **GOTTBER, ESTELA, NOGUERA, GUSTAVO Y NOGUERA, MARÍA ALEJANDRA. 2011.** *Propuesta pedagógica: Una metodología de desarrollo de software para la enseñanza universitaria.* s.l. : Unión de Universidades de América Latina y el caribe. 0041-8935.

(Günther, 2009) **GÜNTHER, C. W. 2009.** *XES Extensible Event Stream standard definition.*

(Günther y otros, 2007) **GÜNTHER, C., VAN DER AALST, W. M.P. 2007.** *Fuzzy mining - adaptive process simplification based on multi-perspective metrics. In Business Process Management.*

(Harrington, 1993) **HARRINGTON, H. J. 1993.** *Mejoramiento de los procesos de la empresa.* Santa Fé de Bogotá: Mc-Graw-Hill.

(Hernández-León y otros, 2011) **HERNÁNDEZ-LEÓN, ROLANDO ALFREDO, GONZÁLEZ, SAYDA COELLO. 2011.** *El Proceso de Investigación Científica.* Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior, 2011. ISBN 978-959-16-1307-3.

(Hernández-Nariño y otros, 2009) **HERNÁNDEZ-NARIÑO, ARIALYS, MEDINA LEÓN, ALBERTO, NOGUEIRA RIVERA, DIANELYS. 2009.** *Herramientas para la mejora de Procesos Hospitalarios. Un Procedimiento Para Su Aplicación.*

(Hernández-Nariño y otros, 2011) **HERNÁNDEZ-NARIÑO, ARIALYS, NOGUEIRA, DIANELYS, MEDINA, ALBERTO, MARQUÉS, MAYLIN. 2011.** *Inserción de la gestión por procesos en instituciones hospitalarias. Concepción metodológica y práctica.*

(Hernandis, 2011) **HERNANDIS, J. A.** *Versión Cero.* [En Línea] 2011 [Citado el: 02 de 11 de 2014.]. <http://www.versioncero.com/noticia/210/visual-paradigm-for-uml>.

(Kotovsky y otros, 1985) **KOTOVSKY, K., HAYES, J. R., SIMON, H. A. 1985.** *Why are some problems hard? Evidence from tower of Hanoi. Cognitive psychology.*

(Leemans y otros, 2014) **LEEMANS, SANDER J.J., FAHLAND, DIRK, VAN DER AALST, WIL M.P. 2014.** *Process and Deviation Exploration with Inductive visual Miner.* Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

---

(Liu, 2011) **LIU, X. 2011.** *Developing applications with Facelets, JSF and JS.* [En línea] 2011. [Citado el: 21 de 01 de 2014.] <http://today.java.net/pub/a/today/2006/08/29/developingwith-facelets-isf-jsp.html>.

(Mans y otros, 2008) **MANS, R. S., SCHONENBERG, M.H., SONG, M., VAN DER AALST, W.M.P. 2008.** *Process Mining In Healthcare: A Case Study.* Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

(Mendling y otros, 2012) **MENDLING, J., STREMBECK, M., RECKER, J. 2012.** *Factors of process model comprehension. Findings from a series of experiments. Decision Support Systems.*

(NC/ISO-9000, 2004) **NC/ISO-9000. 2004.** *Orientación sobre el concepto y uso del "Enfoque basado en procesos" para los sistemas de gestión.*

(Pérez, 2014) **PÉREZ, DAMIÁN. 2014.** *Técnica para el Diagnóstico de Variantes de Procesos de Negocio.*

(Recker y otros, 2013) **RECKER, J., MENDLING, J., HAHN, C. 2013.** *How collaborative technology supports cognitive processes in collaborative process modeling: A capabilities-gains outcome model. Information Systems.*

(Recker y otros, 2014) **RECKER, J., REIJERS, H., WOUW, S. 2014.** *Process model comprehension: The effects of cognitive abilities, learning style, and strategy. Communications of the Association for Information Systems.*

(Reijer, 2011) **REIJERS, H. A., MENDLING, J. 2011.** *A study into the factors that influence the understandability of business process models. Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans.* s.l.: IEEE Transactions.

(Sarshar y otros, 2005) **SARSHAR, K., LOOS, P. 2005.** *Comparing the control-flow of epc and petri net from the end user perspective. In Business Process Management.* s.l.: Springer.

(Trischler, 1998) **TRISCHLER, W. E. 1998.** *Mejora del valor añadido en los procesos.* Barcelona.

---

(van der Aalst, 2011) **VAN DER AALST, WIL M.P. 2011.** *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Eindhoven: Springer-Verlag-Berlin Heidelberg 2011. ISBN 978-3-642-19344-6.

(van der Aalst y otros, 2012) **VAN DER AALST, W. M. P, ADRIANSYAH, A., DE MEDEIROS, A., ARCIERI, F., BAIER, T., BLICKLE, T., BOSE, J., VAN DEN BRAND, P., BRANDTJEN, R., BUIJS, J., BURATTIN, A., CARMONA, J., CASTELLANOS, M., CLAES, J., COOK, J., COSTANTINI, N., CURBERA, F., DAMIANI, E., DE LEONI, M., DELIAS, P., VAN DONGEN, B., DUMAS, M., DUSTDAR, S., FAHLAND, D., FERREIRA, D., GAALOUL, W., VAN GEFFEN, F., GOEL, S., GÜNTHER, C., GUZZO, A., HARMON, P., TER HOFSTEDÉ, A., HOOGLAND, J., INGVALDSEN, J., KATO, K., KUHN, R., KUMAR, A., LA ROSA, M., MAGGI, F., MALERBA, D., MANS, R., MANUEL, A., MCCREESH, M., MELLO, P., MENDLING, J., MONTALI, M., MOTAHARI-NEZHAD, H., ZURMUEHLEN, M., MUNOZ-GAMA, J., PONTIERI, L., RIBEIRO, J., ROZINAT, A., SEGUÉLPÉREZ, H., SEGUÉLPÉREZ, R., SEPÚLVEDA, M., SINUR, J., SOFFER, P., SONG, M., SPERDUTI, A., STILO, G., STOEL, C., SWENSON, K., TALAMO, M., TAN, W., TURNER, C., VANTHIENEN, J., VARVARESSOS, G., VERBEEK, E., VERDONK, M., VIGO, R., WANG, J., WEBER, B., WEIDLICH, M., WEIJTERS, T., WEN, L., WESTERGAARD, M., WYNN, M. 2012.** *Process mining manifesto, volume 99 LNBIP of 9th International Conference on Business Process Management, BPM 2011P*. Clermont-Ferrand.

(van der Aalst y otros, 2011) **VAN DER AALST, WIL M.P., NETJES, MARISKA, REIJERS, HAJO A. 2011.** *Supporting the Full BPM Life-Cycle Using Process Mining and Intelligent Redesign*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

(van Eck, 2013) **VAN ECK, MAIKEL. 2013.** *Alignment-based Process Model Repair and its Application to the Evolutionary Tree Miner*. Eindhoven.

(Wand y otros, 2002) **WAND, Y., WEBER, R. 2002.** *Research commentary: information systems and conceptual modeling - a research agenda*. *Information Systems Research*.

(Webster, 2011) **WEBSTER, CH. 2011.** *EHR BPM: From Process Mining to Process Improvement to Process Usability*. s.l.: Trabajo presentado en EHR Workflow Inc...

(Weijters y otros, 2009) **WEIJTERS, A.J. M.M., VAN DER AALST, W. M.P., ALVES DE MEDEIROS, A. K. 2009.** *Process Mining with the HeuristicsMiner Algorithm.* Eindhoven: Eindhoven University of Technology. NL-5600 MB.

(Yzquierdo y otros, 2013). **YZQUIERDO, R., SILVERIO CASTRO, R., LAZO-CORTÉS, M. 2013.** *Tratamiento de la ausencia de información en la minería de procesos.*

---

## Bibliografía

**ALEGSA.COM.AR. 2013.** Diccionario de Informática y Tecnología. *Definición de API*. [En línea] 30 de 05 de 2013. [Citado el: 25 de 02 de 2015.] <http://www.alegsa.com.ar/Dic/api.php>.

**BELTRÁN SANZ, JAIME, CARMONA, MIGUEL ÁNGEL, CARRASCO, REMIGIO. 2009.** *Guía para una Gestión basada en procesos*. [ed.] Instituto Andaluz de Tecnología. Andalucía: Instituto Andaluz de Tecnología. ISBN 84-923464-7-7.

**BENHAZI, KAWTAR, GARRIDO BULLEJOS, JOSÉ LUIS, NOGUERA GARCÍA, MANUEL. 2011.** *Introducción al Modelado de Procesos de Negocio*. Granada: Universidad de Granada.

**CASAS, NÉSTOR. 2009.** *Teoría de las Restricciones o Los Cuellos de Botella*.

**CLUB-BPM. 2009.** *BPM Business Process Management – Gestión de Procesos de Negocio*.

**DAVENPORT, T.H. 1993.** *Process innovation: reengineering work through information technology*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.

**DEFINICIÓN.DE.** Definición.de. *Definición de plugin*. [En línea] 2015. [Citado el: 01 de Diciembre de 2014.] <http://definicion.de/plugin/>.

**DEFINICIÓN.DE.** Definición.de. *Definición de Imagen vectorial*. [En línea] 2015. [Citado el: 06 de Diciembre de 2014.] <http://definicion.de/imagen-vectorial/#ixzz3awxfLXAf>.

**DE WEERDT, JOCHEN. 2012.** *Business Process Discovery: New Techniques and Applications*.

**DE WEERDT, J., DE BACKER, M., VANTHIENEN, J., BAESENS, B. 2012.** *A multi-dimensional quality assessment of state-of-the-art process discovery algorithms using real life event logs*. *Information Systems*.

**DÍAZ, FLOR NANCY. 2008.** *¿Qué es BPM y cómo se articula con el crecimiento empresarial?* Bogotá.

---

**ESPINOZA, FERNANDO. 2012.** *Automatizando Procesos de Gestión con BPM Open Source ProcessMaker.*

**FERNÁNDEZ-ALARCÓN, VICENÇ. 2006.** *Desarrollo de sistemas de información: una metodología basada en el modelado.* Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya. ISBN: 84-8301 -862-4.

**FERNÁNDEZ-PUERTO, FRANCISCO J., GATICA, FLORINA. 2003.** *Sistema de Información Hospitalaria.* México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.

**FIGL, K., RECKER, J., MENDLING, J. 2013.** *A study on the effects of routing symbol design on process model comprehension.* *Decision Support Systems.*

**FRANKY, MARÍA CONSUELO. 2007.** *Java EE 5 (sucesor de J2EE): el reto de volver a empezar.* s.l. : CincoSOFT Ltda...

**GALIANO, JOSÉ ANTONIO, YÁNEZ, GUILLERMO y FERNÁNDEZ, EMILIO. 2007.** *Análisis y mejora de procesos en organizaciones públicas.* s.l. : FIIAPP. ISBN: 978-84-8198-708-9.

**GAMARRA, KAREN ANDREA, JIMÉNEZ, JHON EDISON. 2012.** *Análisis de dos metodologías para identificar cuellos de botella en procesos productivos.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

**GARCÍA DE JALÓN, J., RODRIGUEZ IÑIGO, M. J., ALFONSO BRAZÁLEZ, A. I., LARZABAL, A., CALLEJA, J., GARCÍA, J. 2002** *Aprenda Java como si estuviera en primero.* S.l.: Universidad de Navarra.

**GARIMELLA, KIRAN, LEES, MICHAEL, WILLIAMS, BRUCE. 2008.** *Introducción a BPM para Dummies.* Indianápolis: Wiley Publishing, Inc... ISBN: 978-0-470-37359-0.

**GIL, YOLANDA, VALLEJO, EVA. 2008.** *Guía para la identificación y análisis de los procesos de la universidad de Málaga.* Málaga: Universidad de Málaga.

**GNU.ORG. 2015.** El sistema operativo GNU. [En línea] 2015. [Citado el: 12 de 03 de 2015.] <https://www.gnu.org/home.es.html>.

**GONZÁLEZ, GASTÓN T. 2010.** *BPM Como palanca de Productividad y Competitividad.* s.l. : expertia.

---

**GOTTBER, ESTELA, NOGUERA, GUSTAVO Y NOGUERA, MARÍA ALEJANDRA. 2011.** *Propuesta pedagógica: Una metodología de desarrollo de software para la enseñanza universitaria.* s.l. : Unión de Universidades de América Latina y el caribe. 0041-8935.

**GÜNTHER, C. W. 2009.** *XES Extensible Event Stream standard definition.*

**GÜNTHER, C., VAN DER AALST, W. M.P. 2007.** *Fuzzy mining - adaptive process simplification based on multi-perspective metrics.* In *Business Process Management.*

**GRANDA, MERCEDES. 2013.** *Redes de Petri: Definición de Petri: Definición, Formalización y Ejecución.* s.l. : Universidad de Cantabria.

**GROSO, ANDRÉS. 2011.** *Prácticas de software. Patrones GRASP.* [En línea] 21 de 03 de 2011. [Citado el: 01 de 02 de 2015.] <http://www.practicadesoftware.com.ar/2011/03/patrones-grasp/>.

**HALL, MARTY. 2012.** *JSF: The Ajax4jsf Library.*

**HARRINGTON, H. J. 1993.** *Mejoramiento de los procesos de la empresa.* Santa Fé de Bogotá: Mc-Graw-Hill.

**HERNÁNDEZ, JUAN MARÍA. 2013.** *Koalite. Licencias de Software, ¿cuándo puedo usar qué?* [En línea] 8 de 07 de 2013. [Citado el: 22 de 01 de 2015.] <http://blog.koalite.com/2013/07/licencias-de-software-cuando-puedo-usar-que/>.

**HERNÁNDEZ-LEÓN, ROLANDO ALFREDO, GONZÁLEZ, SAYDA COELLO. 2011.** *El Proceso de Investigación Científica.* Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior. ISBN 978-959-16-1307-3.

**HERNÁNDEZ-NARIÑO, ARIALYS, MEDINA LEÓN, ALBERTO, NOGUEIRA RIVERA, DIANELYS. 2009.** *Herramientas para la mejora de Procesos Hospitalarios. Un Procedimiento Para Su Aplicación.*

**HERNÁNDEZ-NARIÑO, ARIALYS, NOGUEIRA, DIANELYS, MEDINA, ALBERTO, MARQUÉS, MAYLIN. 2011.** *Inserción de la gestión por procesos en instituciones hospitalarias. Concepción metodológica y práctica.*

**HERNANDIS, J. A. Versión Cero.** [En Línea] 2011 [Citado el: 02 de 11 de 2014.]. <http://www.versioncero.com/noticia/210/visual-paradigm-for-uml>.

---

**HOMAYOUNFAR, PAYAM. 2012.** *Process mining challenges in hospital information systems*. s.l.: IEEE.

**KOTOVSKY, K., HAYES, J. R., SIMON, H. A. 1985.** *Why are some problems hard? Evidence from tower of Hanoi*. *Cognitive psychology*.

**LEEMANS, SANDER J.J., FAHLAND, DIRK, VAN DER AALST, WIL M.P. 2013.** *Discovering Block-Structured Process Models From Event Logs Containing Infrequent Behaviour*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

**LEEMANS, SANDER J.J., FAHLAND, DIRK, VAN DER AALST, WIL M.P. 2014.** *Exploring Processes and Deviations*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

**LEEMANS, SANDER J.J., FAHLAND, DIRK, VAN DER AALST, WIL M.P. 2014.** *Process and Deviation Exploration with Inductive visual Miner*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

**LEEMANS, SANDER J.J., DIRK, FAHLAND, VAN DER AALST, WIL M.P. 2014.** *Discovering Block-Structured Process Models from Incomplete Event Logs*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

**LIBROSDDELWEB.** *La arquitectura MVC*. [En línea] 2009.[http://librosweb.es/libro/jobeeet\\_1\\_4/capitulo\\_4/la\\_arquitectura\\_mvc.html](http://librosweb.es/libro/jobeeet_1_4/capitulo_4/la_arquitectura_mvc.html).

**LIU, X. 2011.** *Developing applications with Facelets, JSF and JS*. [En línea] 2011. [Citado el: 21 de 01 de 2014.] <http://today.java.net/pub/a/today/2006/08/29/developingwith-facelets-isf-jsp.html>.

**MALLAR, MIGUEL ÁNGEL. 2010.** *La Gestión por Procesos: Un Enfoque De Gestión Eficiente*.

**MANS, R. S., SCHONENBERG, M.H., SONG, M., VAN DER AALST, W.M.P. 2008.** *Process Mining In Healthcare: A Case Study*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

**MASSIMILIANO DE LEONI, VAN DER AALST, WIL M. P. 2013.** *Aligning Event Logs and Process Models for Multi-Perspective Conformance Checking: An Approach Based on Integer Linear Programming*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.



---

**MEDINA, ALBERTO, NOGUEIRA, DIANELYS, HERNÁNDEZ, ARIALYS. 2010.** *Relevancia de la Gestión por procesos en la Planificación Estratégica y la Mejora Continua.*

**MENDLING, J., REIJERS, H.A., VAN DER AALST, W.M.P. 2008.** *Seven Process Modeling Guidelines (7PMG).* s.l.: Eindhoven University of Technology.

**MENDLING, J., STREMBECK, M., RECKER, J. 2012.** *Factors of process model comprehension. Findings from a series of experiments. Decision Support Systems.*

**NC/ISO-9000. 2004.** *Orientación sobre el concepto y uso del “Enfoque basado en procesos” para los sistemas de gestión.*

**ORELLANA, ARTURO, PÉREZ, YOSBANI ENRIQUE, LARREA, OSVALDO ULISES. 2015.** *Process Mining in Healthcare: Analysis and Modeling of Processes in the Emergency Area.* s.l. : IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, 5 de Mayo de 2015, Vol. 13, págs. 1612-1618.

**PATRICIA, NOY, PÉREZ, YANAIS, ERMUS, AURORA DE FÁTIMA, FONSECA, LIANNI, MARTÍNEZ, SUSANA. 2010.** *Guía práctica para la implementación del enfoque BPM y la mejora continua en el CITI.* s.l.: CCIA.

**PAVÓN, JUAN. 2004.** *Patrones de diseño orientado a objetos.* s.l. : Universidad Complutense Madrid.

**PÉREZ, DAMIÁN. 2014.** *Técnica para el Diagnóstico de Variantes de Procesos de Negocio.*

**PROCESOS, GRUPO DE MINERÍA DE. 2009.** *Process Mining.* [En línea] 2009. [Citado el: 01 de 12 de 2014.] <http://www.processmining.org/online/fuzzyminer>.

**RAMOS, JUAN ALONSO. 2007.** *AdictosAlTrabajo. Introducción a ajax4jsf.* [En línea] 09 de 04 de 2007. [Citado el: 25 de 01 de 2015.] <http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/ajax-4-jsf/>.

**RECKER, J., MENDLING, J., HAHN, C. 2013.** *How collaborative technology supports cognitive processes in collaborative process modeling: A capabilities-gains outcome model. Information Systems.*

---

**RECKER, J., REIJERS, H., WOUW, S. 2014.** *Process model comprehension: The effects of cognitive abilities, learning style, and strategy. Communications of the Association for Information Systems.*

**REIJERS, H. A., MENDLING, J. 2011.** *A study into the factors that influence the understandability of business process models. Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans.* s.l.: IEEE Transactions.

**ROJAS, MICHAEL. 2010.** *Patrones arquitectónicos para la programación distribuida.* México D.F.

**RODRÍGUEZ, ANDRÉS. 2008.** Gestipolis. *Lenguaje, notaciones y herramientas para el modelado y análisis de procesos.* [En línea] WebProfit Ltda., 16 de 06 de 2008. [Citado el: 10 de 11 de 2014.] <http://www.gestipolis.com/lenguajes-notaciones-herramientas-modelado-analisis-procesos/>.

**RODRÍGUEZ, EDUARDO, GARCÍA, NELLY, PÉREZ, OSCAR. 2011.** *Interacción entre herramientas BPA y BPM.* s.l. : PERSYS.

**ROZINAT, ANNE. 2010.** *Process Mining: Conformance and Extension.* Eindhoven: University Press Facilities. ISBN 978-90-386-2345-0.

**RUIZ, FRANCISCO. 2008.** *Modelado de Procesos de Negocio con BPMN.* s.l. : Universidad de Castilla-La Mancha.

**SADIQ, SHAZIA, SOFFER, PNINA, VÖLZER, HAGEN. 2014.** *Business Process Management.* s.l.: Springer. ISBN 978-3-319-10171-2.

**SARSHAR, K., LOOS, P. 2005.** *Comparing the control-flow of epc and petri net from the end user perspective. In Business Process Management.* s.l.: Springer.

**SARAVANAN, M., RAMA SREE, R.J. 2011.** *Evaluation of Process Models using Heuristic Miner and Disjunctive Workflow Schema Algorithm for Dyeing Process.*

**SARAVANAN, M., RAMA SREE, R.J. 2011.** *A Role of Heuristics Miner Algorithm in the Business Process System.*

**SIGNIFICADOS. 2013.** *Qué es Umbral.* [En línea] 2013. [Citado el: 03 de 03 de 2015.] <http://www.significados.com/umbral/>.

---

**SRINIVASAN, KRISHNA. 2007.** *JavaBeat. Introduction to Ajax4Jsf.* [En línea] 27 de 06 de 2007. [Citado el: 24 de 01 de 2015.] <http://www.javabeat.net/introduction-to-ajax4jsf/>.

**TORRES SAKIPOVA, DINA YAKSILIK. 2014.** *Algoritmos y técnicas de descubrimiento de procesos poco estructurados: estado del arte.* s.l. : Revista Cubana de Ciencias Informáticas.

**TRISCHLER, W. E. 1998.** *Mejora del valor añadido en los procesos.* Barcelona.

**VAN DER AALST, WIL M.P. 2011.** *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes.* Eindhoven: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-19344-6.

**VAN DER AALST, WIL M.P., NETJES, MARISKA, REIJERS, HAJO A. 2011.** *Supporting the Full BPM Life-Cycle Using Process Mining and Intelligent Redesign.* Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

**VAN DER AALST, WIL. 2012.** *Process Mining: Over view and Opportunities.* Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

**VAN DER AALST, W.M.P., VAN DONGEN, B.F., GÜNTHER, C., ROZINAT, A., VERBEEK, H.M.W., WEIJTERS, A.J.M.M. 2011.** *ProM: The Process Mining Toolkit.* Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

**VAN DER AALST, W. M. P, ADRIANSYAH, A., DE MEDEIROS, A., ARCIERI, F., BAIER, T., BLICKLE, T., BOSE, J., VAN DEN BRAND, P., BRANDTJEN, R., BUIJS, J., BURATTIN, A., CARMONA, J., CASTELLANOS, M., CLAES, J., COOK, J., COSTANTINI, N., CURBERA, F., DAMIANI, E., DE LEONI, M., DELIAS, P., VAN DONGEN, B., DUMAS, M., DUSTDAR, S., FAHLAND, D., FERREIRA, D., GAALOUL, W., VAN GEFFEN, F., GOEL, S., GÜNTHER, C., GUZZO, A., HARMON, P., TER HOFSTEDÉ, A., HOOGLAND, J., INGVALDSEN, J., KATO, K., KUHN, R., KUMAR, A., LA ROSA, M., MAGGI, F., MALERBA, D., MANS, R., MANUEL, A., MCCREESH, M., MELLO, P., MENDLING, J., MONTALI, M., MOTAHARI-NEZHAD, H., ZURMUEHLEN, M., MUNOZ-GAMA, J., PONTIERI, L., RIBEIRO, J., ROZINAT, A., SEGUÉLPÉREZ, H., SEGUÉL PÉREZ, R., SEPÚLVEDA, M., SINUR, J., SOFFER, P., SONG, M., SPERDUTI, A., STILO, G., STOEL, C., SWENSON, K., TALAMO, M., TAN, W., TURNER, C., VANTHIENEN, J., VARVARESSOS, G., VERBEEK, E., VERDONK,**

---

**M., VIGO, R., WANG, J., WEBER, B., WEIDLICH, M., WEIJTERS, T., WEN, L., WESTERGAARD, M., WYNN, M. 2012.** *Process mining manifesto, volume 99 LNBIP of 9th International Conference on Business Process Management, BPM2011P.* Clermont-Ferrand.

**VAN ECK, MAIKEL. 2013.** *Alignment-based Process Model Repair and its Application to the Evolutionary Tree Miner.* Eindhoven.

**VAN ECK, M. L., BUIJS, J. C., VAN DONGEN, B.F. 2013.** *Genetic Process Mining: Alignment-based Process Model Mutation.* Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

**VERB EEK, H. M. W., BUIJS, J.C.A.M, VAN DONGEN, B.F, VAN DER AALST, W.M.P. 2011.** *XES, XESame, and ProM 6.* Eindhoven : Technische Universiteit Eindhoven.

**VISCONTI, MARCELLO Y ASTUDILLO, HERNÁN. 2005.** *Fundamentos de Ingeniería de Software.* s.l. : Universidad Técnica Federico Santa María.

**WAND, Y., WEBER, R. 2002.** *Research commentary: information systems and conceptual modeling - a research agenda.* *Information Systems Research.*

**WEBER, PHILIP, BORDBAR, BEHZAD, TINO, PETER. 2013.** *A Principled Approach to Mining From Noisy Logs Using Heuristics Miner.* s.l.: University of Birmingham.

**WEBSTER, CH. 2011.** *EHR BPM: From Process Mining to Process Improvement to Process Usability.* s.l.: Trabajo presentado en EHR Workflow Inc...

**WEIJTERS, A.J.M.M., RIBEIRO, J.T.S. 2011.** *HeuristicsMiner 6.0: Users Guide.* Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

**WEIJTERS, A.J. M.M., VAN DER AALST, W. M.P., ALVES DE MEDEIROS, A. K. 2009.** *Process Mining with the HeuristicsMiner Algorithm.* Eindhoven: Eindhoven University of Technology. NL-5600 MB.

**YZQUIERDO, R., SILVERIO CASTRO, R., LAZO-CORTÉS, M. 2013.** *Tratamiento de la ausencia de información en la minería de procesos.*

## Glosario de términos

**BPMN** (Notación de Modelado de Procesos de Negocio): notación gráfica estandarizada para representar los procesos de negocio en un flujo de trabajo.

**Eventualidad:** posible hecho o evento que sucede de manera imprevista.

**Instancia de proceso:** una ejecución de proceso.

**IvM** (Inductive visual Miner): plugin de la herramienta ProM que genera modelos de procesos animados.

**Plugin:** aplicación informática que añade una nueva funcionalidad o característica a un software sin afectar su funcionamiento.

**Registro de eventos:** resultado del almacenamiento de las actividades de un proceso, ejecutadas en un período determinado de tiempo.

**Traza:** recoge la información acerca de una instancia de proceso.

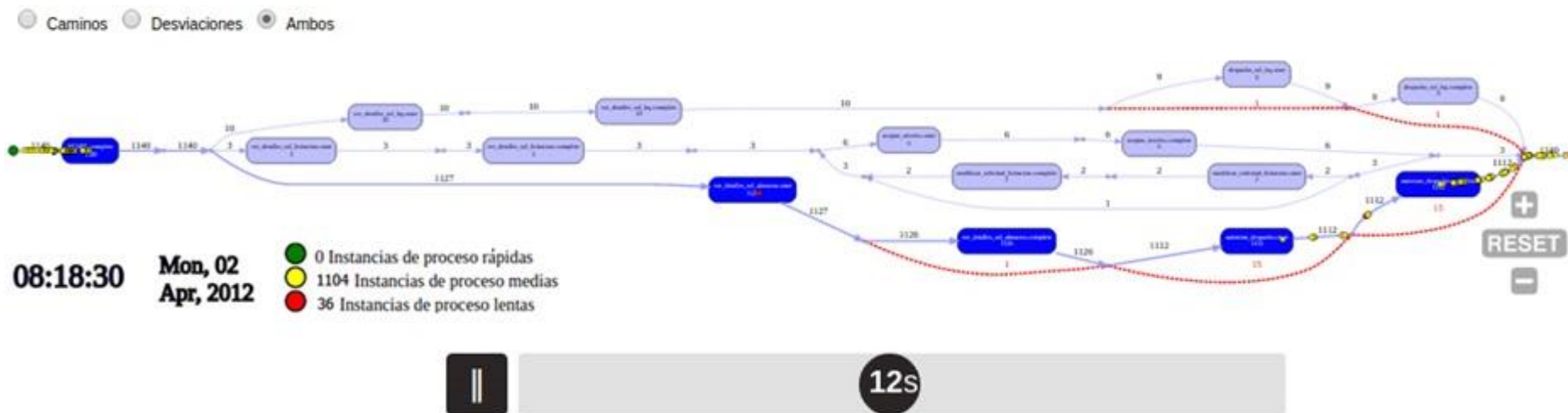
## Anexos

**Parámetros de entrada**

Seleccionar proceso: **proceso solicitar productos**   
 Desde: **2011-11-10**   
 Hasta: **2012-03-15**   
 Seleccionar tipo de análisis: **Perspectiva Temporal**   
**Generar** **Cancelar**

Anexo 1. Interfaz que permite definir los datos necesarios para el modelado de procesos en el HIS

Fuente: Elaboración propia



Anexo 2. Modelo del proceso *Solicitar producto*, del HIS, generado con la opción *Ambos*

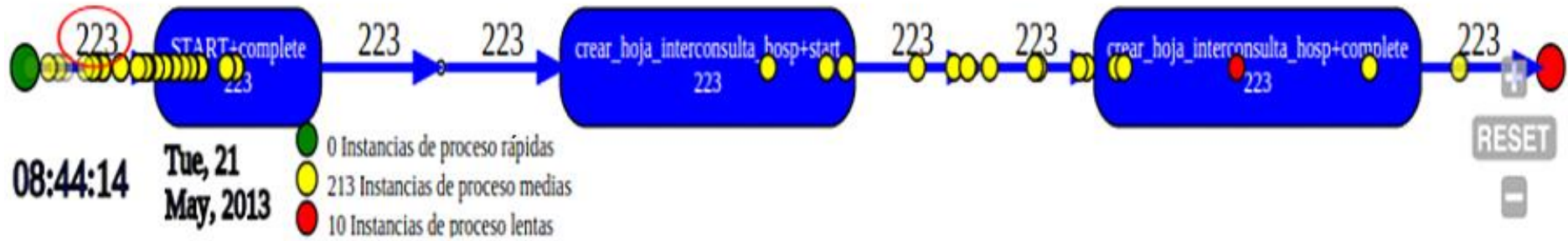
Fuente: Elaboración propia



Anexo 3. Modelo del proceso *Solicitar producto* con fecha de inicio 01/01/2011 y fecha de fin 01/01/2015, con la opción *Caminos*  
Fuente: Elaboración propia

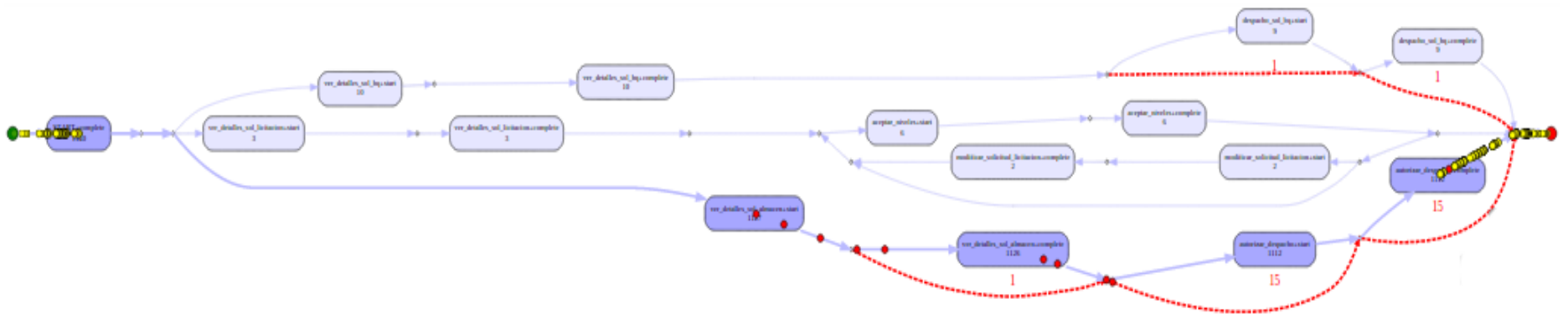


Anexo 4. Camino más frecuente del proceso *Solicitar producto* con fecha de inicio 01/01/2011 y fecha de fin 01/01/2015  
Fuente: Elaboración propia



Anexo 5. Modelo del proceso *Solicitar Interconsulta Hospitalaria* con fecha de inicio 01/01/2011 y fecha de fin 01/01/2015, con la opción *Caminos*

Fuente: Elaboración propia



Anexo 6. Modelo del proceso *Solicitar Producto* con fecha de inicio 01/01/2011 y fecha de fin 01/01/2015, con la opción *Desviaciones*

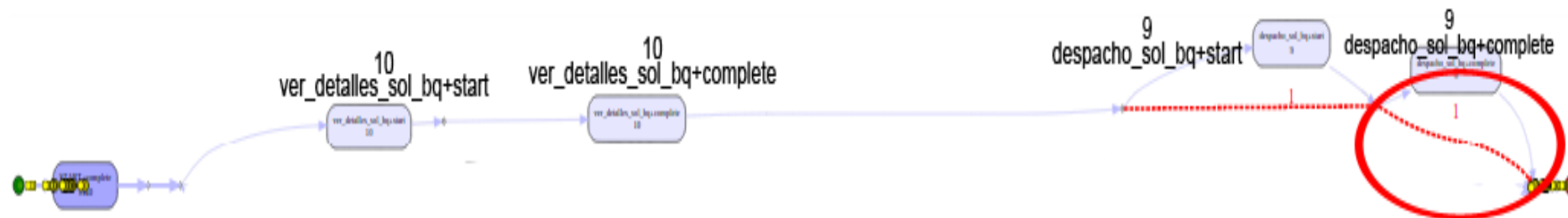
Fuente: Elaboración propia





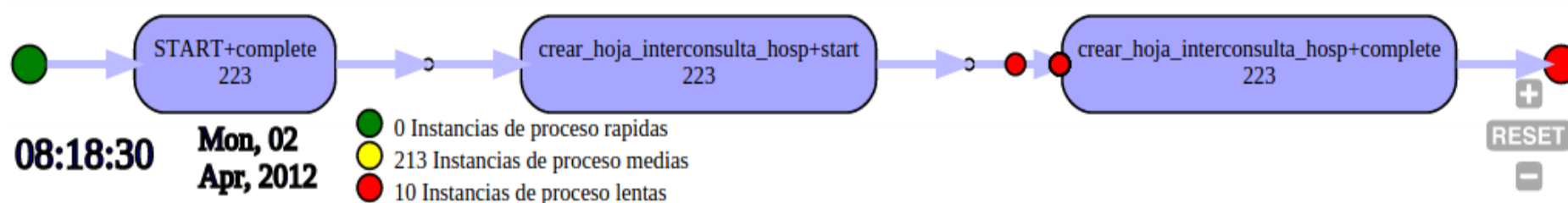
Anexo 7. Movimiento en el modelo, desviación del proceso *Solicitar Producto* entre las fechas 01/01/2011 y 01/01/2015 (camino *ver\_detalle\_sol\_almacen-autorizar\_despacho*)

Fuente: Elaboración propia



Anexo 8. Movimiento en el modelo, desviación del proceso *Solicitar Producto* entre las fechas 01/01/2011 y 01/01/2015 (camino *ver\_detalle\_sol\_bq-despacho\_sol\_bq*)

Fuente: Elaboración propia



Anexo 9. Modelo del proceso *Solicitar Interconsulta Hospitalaria* con fecha de inicio 01/01/2011 y fecha de fin 01/01/2015, con la opción *Desviaciones*

Fuente: Elaboración propia

Nº	Nombre	Descripción	Prioridad para el cliente	Complejidad	Referencias cruzadas
1	Generar modelo de proceso	Permite obtener un modelo de proceso a partir de la configuración de los parámetros necesarios para el modelado y la selección del tipo de análisis.	Alta	Alta	Ver: CESIM_SIGEC_Especificacion_de_casos_de_uso_Generar modelo de procesos. CU 1

Anexo 10. Especificación del requisito funcional: *Generar modelo de proceso.*

Fuente: Elaboración propia



**Anexo 11. Diagrama de Caso de uso Generar modelo de proceso**

Fuente: Elaboración propia

<b>Objetivo</b>	Generar un modelo de proceso.	
<b>Actores</b>	Analista de procesos hospitalarios.	
<b>Resumen</b>	El caso de uso inicia cuando el actor accede a la opción Generar modelo de proceso, el sistema brinda la posibilidad de definir los parámetros necesarios para el modelado, el actor define los parámetros para generar el modelo y el sistema genera el modelo de proceso. El caso de uso finaliza con el modelado del proceso.	
<b>Complejidad</b>	Alta	
<b>Prioridad</b>	Alta	
<b>Precondiciones</b>	Que exista información acerca de la ejecución de los procesos, almacenada en el sistema.	
<b>Postcondiciones</b>	El proceso se modela.	
<b>Flujo de eventos</b>		
<b>Flujo básico &lt;Nombre del flujo básico&gt;</b>		
	<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>

	Comienza el caso de uso cuando el actor accede a la opción Analizar.	
		<p>Brinda la posibilidad de introducir los siguientes parámetros, necesarios para el modelado del proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso</li> <li>• Tipo de análisis</li> <li>• Desde</li> <li>• Hasta</li> </ul> <p>y permite Generar el modelo de proceso</p> <p>Cancelar operación. Ver <b>Evento 1</b>: “Cancelar operación.”</p>
	Selecciona los datos necesarios para generar el modelo de proceso y selecciona la opción Analizar.	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si el actor no define todos los parámetros necesarios para el modelado, ver <b>Evento 2</b>: “Existen campos obligatorios vacíos”.</li> <li>• Si no existe información necesaria para generar el modelo de proceso, ver <b>Evento 3</b>: “No se encontró información.”</li> <li>• Si la fecha de inicio es mayor que la fecha de fin, ver <b>Evento 4</b>: “Rango de fechas incorrecto”.</li> </ul>
		<p>Genera el modelo a partir de los criterios seleccionados.</p> <p>Y permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampliar el modelo. Ver <b>Evento 6</b>: “Ampliar modelo de proceso”.</li> </ul>

		Termina el caso de uso
<b>Flujos alternos</b>		
<b>Evento 1. "Cancelar operación"</b>		
	<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
	Selecciona la opción de Cancelar.	
		Regresa a la vista anterior.
		Termina el caso de uso.
<b>Evento 2. "Existen datos incompletos"</b>		
		Muestra un indicador sobre los campos incompletos.
		Regresa al paso 2 del <b>Flujo Normal de Eventos</b> .
<b>Evento 3. "No se encontró información"</b>		
1		Muestra el mensaje de información "No se encontró información que cumpla con los parámetros seleccionados."
2		Regresa al paso 2 del <b>Flujo Normal de Eventos</b> .
<b>Evento 4: "Ampliar modelo de proceso"</b>		
	Selecciona la opción de Ampliar	
		Amplia el modelo en la parte deseada por el actor
1		Termina el caso de uso
<b>Relaciones</b>	<b>CU incluidos</b>	No existen
	<b>CU extendidos</b>	

**Anexo 12. Caso de uso Generar modelo de proceso**

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Descripción	Seleccionar proceso	Seleccionar tipo de análisis	Desde	Hasta	Respuesta del sistema	Flujo central
EC 1.1 Generar modelo de proceso	Se desea generar un modelo de procesos para analizar el mismo.	V	V	V	V	Muestra un modelo de proceso.	Muestra la interfaz para generar los modelos de procesos. Se introducen los datos. Se selecciona la opción Generar.
		<i>Solicitar Productos</i>	Perspectiva Temporal	10/11/2011	12/03/2015		
		V	V	V	V		
		<i>Solicitar Productos</i>	Incongruencias	08/10/2010	07/09/2012		
		V	V	V	V		
		<i>Procesar Solicitudes</i>	Ruido	12/05/2009	10/11/2011		
		<i>Solicitar Productos</i>	Eventualidades	12/05/2009	10/11/2011		
EC 1.2 Cancelar operación	Cancelar la opción de Generar modelo de proceso	NA	NA	NA	NA	Regresa a la vista anterior.	Muestra la interfaz para generar los modelos de procesos. Se introducen los datos. Se selecciona la opción Cancelar.
		V	/	/	V		

EC 1.2 Existen datos incompletos	Luego de haber introducido los datos, el sistema los verifica y valida, de haber datos incompletos, el sistema muestra un indicador sobre los campos incompletos.	<i>Procesar Solicitudes</i>	<i>Vacío</i>	<i>Vacío</i>	12/03/2015	Muestra un indicador sobre los campos incompletos.	Muestra la interfaz para generar los modelos de procesos. Se introducen los datos incompletos. Se selecciona la opción Generar. Muestra un indicador sobre los campos incompletos.
		<i>I</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>I</i>		
		<i>Vacío</i>	Eventualidades	06/11/2012	<i>Vacío</i>		
		<i>Procesar Solicitudes</i>	Perspectiva Temporal	18/09/2015	13/02/2012		
		<i>V</i>	<i>V</i>	<i>I</i>	<i>I</i>		
		<i>Solicitar Productos</i>	Eventualidades	05/11/2011	02/02/2010		

**Anexo 13: Diseño de Caso de prueba del Caso de uso: Generar modelo de proceso. Escenario: Generar modelo de proceso**

Fuente: Elaboración propia

No	Nombre de campo	Clasificación	Valor Nulo	Descripción
1	Seleccionar proceso	Campo de selección	No	Se selecciona una de las opciones que muestra el sistema.
2	Seleccionar tipo de análisis	Campo de selección	No	Se selecciona una de las opciones que muestra el sistema.

---

3	Desde	Campo de selección	No	Se selecciona una de las opciones que muestra el sistema.
4	Hasta	Campo de selección	No	Se selecciona una de las opciones que muestra el sistema.

**Anexo 14. Descripción de las variables del Caso de uso Generar modelo de proceso**

Fuente: Elaboración propia