

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Inteligencia Artificial
Recibido: 11/12/2017 | Aceptado: 22/01/2018

Análisis de procesos hospitalarios desde la perspectiva de tiempo utilizando minería de procesos

Analysis of hospital processes from the time perspective using process mining

Arturo Orellana García ^{1*}, Damián Pérez Alfonso ², Vivian Estrada Sentí ³

¹ Centro de Informática Médica, Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Boyeros, La Habana, Cuba. aorellana@uci.cu

² Grupo de Investigación de Minería de Procesos. Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Boyeros, La Habana, Cuba. fuserkuba@gmail.com

³ Dirección de Formación Postgraduada. Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Boyeros, La Habana, Cuba. vivian@uci.cu

* **Autor para correspondencia:** aorellana@uci.cu

Resumen

La minería de procesos incluye diferentes perspectivas, entre las que se encuentra la perspectiva temporal, que resulta ser efectiva y útil en sectores críticos como la salud. Permite determinar las diferencias temporales en los procesos de atención sanitaria, identificar cuellos de botella y eventualidades que ralentizan el funcionamiento de los procesos en los hospitales. El objetivo de esta investigación es obtener la ejecución de variantes alternativas de procesos hospitalarios y los tiempos de ejecución de los mismos. Para ello se desarrolló un componente de software para el Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS, integrando el complemento Variants Miner de la herramienta ProM y la perspectiva temporal de la minería de procesos. El resultado de esta investigación muestra modelos en forma de árbol de la ejecución de los procesos del sistema XAVIA HIS. Los nodos del modelo representan las actividades y contienen un conjunto de métricas de tiempo, tales como mínimo, promedio, máximo y duración total. Los resultados de la aplicación del componente en el sistema para el cual se desarrolló permitirán a los analistas obtener criterios cualitativos y cuantitativos para tomar decisiones de gestión clínica y proporcionará un mecanismo para generar nuevos conocimientos a partir de la interpretación de datos almacenados en el sistema.

Palabras clave: modelo de proceso, perspectiva tiempo, sistema de información hospitalaria, *variants miner*.

Abstract

Process mining includes different perspectives, among which is the time perspective, which turns out to be effective and useful in critical sectors such as health. It allows to determine temporary differences in health care processes, identify bottlenecks and eventualities that slow down the functioning of processes in hospitals. The objective of this research is to obtain the execution of alternative variants of hospital processes and their execution times. To this end, was developed a software component for the XAVIA HIS Hospital Information System, integrating the Variants Miner complement of ProM tool and the time perspective of process mining. The result of this research shows models in the tree form of the execution of the processes of the XAVIA HIS system. The nodes of the model represent the activities and contain a set of time metrics, such as minimum, average, maximum and total duration. The results of the application of the component in the system for which it was developed will allow analysts to obtain qualitative and quantitative criteria to make clinical management decisions and will provide a mechanism to generate new knowledge based on the interpretation of data stored in the system.

Keywords: *hospital information system, process model, time perspective, variants miner.*

Introducción

Los sistemas de información de salud en las instituciones sanitarias resultan de vital importancia para el funcionamiento de estas organizaciones. El análisis de los procesos hospitalarios no es algo trivial, pues se necesita un amplio conocimiento de los mismos para representarlos con suficiente exactitud. El modelado de los procesos en las instituciones sanitarias representa, por lo general cómo deberían llevarse a cabo y no cómo se están ejecutando en realidad (Dios-Rubio et al., 2010).

Una alternativa en ascenso para representar gráficamente la ejecución real de los procesos es la Minería de procesos, disciplina de investigación relativamente joven que se ubica entre la inteligencia computacional y la minería de datos, por una parte, y la modelación y análisis de procesos, por otra. El objetivo de la minería de procesos es descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales a través de la extracción de conocimiento de los registros de eventos, disponibles en los actuales sistemas de información (Yzquierdo, 2013; Orellana et al., 2015).

Para el análisis de procesos se siguen diferentes perspectivas entre las que se encuentran la organizacional, la de casos y la temporal, siendo esta última una de las más importantes debido a que se relaciona con los tiempos de ejecución de las instancias de procesos. Cuando los eventos tienen asociados marcas de tiempo es posible descubrir cuellos de

botella¹, medir niveles de servicio, monitorear la utilización de recursos y predecir el tiempo de procesamiento restante de casos en ejecución (IEEE TASK FORCE ON PROCESS MINING, 2011; Orellana, Pérez & Larrea, 2015).

El análisis de procesos desde la perspectiva temporal permite obtener elementos interesantes de los procesos con los que se están trabajando. En (Dios-Rubio et al., 2010) fue desarrollado un estudio acerca del análisis temporal de un proceso quirúrgico, el cual permitió descubrir a partir de técnicas de minería de procesos que la duración media de algunas actividades era relativamente larga. Como resultados se realizaron representaciones de modelos, teniendo en cuenta las características temporales de cada una de las actividades, lo cual permite tomar decisiones sobre su ejecución.

Según (van der Aalst, 2011) el análisis de procesos hospitalarios desde la perspectiva temporal resulta ser especialmente efectivo y útil. Esto se debe, por un lado, a que determina el tiempo promedio de atención a un paciente y las diferencias de tiempo dentro de un proceso asistencial para un grupo de pacientes con el mismo diagnóstico. Por otro lado, identifica las actividades dentro del hospital que puedan representar cuellos de botella, ya sea por largas esperas en la atención a pacientes o por sobrecarga en los servicios médicos.

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

El XAVIA HIS, cuenta con un componente para la extracción y transformación de los datos de eventos contenidos en las trazas de ejecución en Registros de eventos. El Registro de eventos almacena información con marcas de tiempo de las actividades, como fecha de inicio, fecha de fin y duración de las mismas. Entre las operaciones que se pueden realizar con la información contenida en el Registro de eventos desde la perspectiva temporal se mencionan:

- Calcular la duración media y el tiempo total de las actividades, así como su desviación típica.
- Obtener resultados de los tiempos de demora de ejecución de las actividades.

¹ Cuellos de botella: es un límite en la capacidad de transferencia de información de un sistema o una conexión, que puede reducir el tráfico en condiciones de sobrecarga

- Conocer qué productos o insumos tardan más o menos en ser despachados, o enviados a las labores asistenciales.
- Obtener información sobre el desempeño de la organización o las actividades de proceso.

Además de recopilar y almacenar datos, el HIS debe procesar e interpretar los mismos, sin embargo, aún está dando los primeros pasos con funcionalidades que permitan realizar análisis de la ejecución de las actividades de proceso en el sistema (Orellana & Sánchez, 2014; Orellana, Pérez & Larrea, 2015a; Orellana et al., 2016). La información que posee el registro de eventos del sistema no está siendo aprovechada cabalmente, limitando a los analistas de procesos e investigadores el acceso a esta fuente de conocimientos sin explotación. Dicha situación limita el uso de nuevos elementos para enriquecer criterios que favorecerían la toma de decisiones sobre el rendimiento de las instituciones y la ejecución de sus actividades.

Por lo tanto, la presente investigación se propone desarrollar un componente para la obtención de modelos de procesos a partir de la instanciación de la técnica *Variants Miner* (Pérez, 2014), incorporándole la perspectiva temporal de minería de procesos y utilizando como fuente de datos el registro de eventos del Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS. De esta forma, permite a los analistas de procesos obtener criterios cualitativos y cuantitativos para la toma de decisiones clínico-administrativas desde el propio sistema.

En la presente investigación se presenta la instanciación de la técnica *Variants Miner* de ProM en el sistema de información hospitalaria XAVIA HIS desarrollado por el CESIM y su aplicación para el análisis de procesos hospitalarios. Para ello, el documento queda estructurado de la siguiente forma: en la sección 2 se elaboran los fundamentos teóricos que sustentan la investigación. La sección 3 aborda la instanciación de la técnica *Variants Miner* en el XAVIA HIS incorporándole la perspectiva temporal de minería de procesos, para facilitar los análisis de los procesos desde el sistema. Mientras que la sección 4 aplica el componente desarrollado a un proceso seleccionado del sistema.

Análisis comparativo de técnicas de minería de procesos

Los análisis de procesos en instituciones sanitarias han sido orientados, por lo general, a la frecuencia de ejecución, detección de fraudes, análisis de tiempo, detección de desviaciones, identificación de cuellos de botella, variantes alternativas de su ejecución, entre otros. (Rebuge & Ferreira 2012; Mans et al., 2013; Pérez, 2014; Orellana & Sánchez, 2014; Mans et al., 2015). La Tabla 1 muestra cómo han sido abordados estos criterios desde la minería de procesos para la obtención de conocimientos en el entorno sanitario. Así mismo, se incluyen dos criterios, la

comprensión y los valores por defectos de los parámetros de configuración, orientados a la usabilidad de las técnicas minería de procesos para usuarios no expertos.

Tabla 1: Técnicas de minería de procesos utilizadas en el análisis de procesos hospitalarios. Elaboración propia

Criterios	Técnicas de minería de procesos			
	Heuristics Miner	Fuzzy Miner	Inductive visual M.	Variants Miner
Análisis de frecuencia	X	X	X	X
Análisis de subprocesos	X	X	X	X
Detección de desviaciones		X	X	X
Detección de frauds		X	X	X
Análisis de tiempo		X	X	
Cuellos de botella			X	
Vista global del proceso	X	X	X	X
Variantes alternativas				X
Comprensión	X	X	X	X
Valores por defecto	X	X	X	X

Una encuesta en línea desarrollada por el investigador Jan Claes (2013) solicitó a usuarios y expertos de la minería de procesos identificar cuáles son las técnicas que más utilizan en los análisis de procesos. Los resultados muestran que las técnicas de mayor frecuencia de uso por los investigadores son Heuristics Miner y Fuzzy Miner. Sin embargo, estas no propician realizar análisis de tiempo de ejecución.

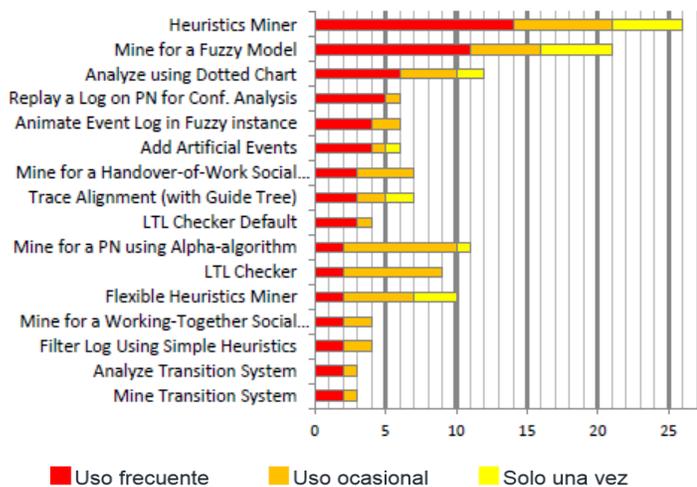


Figura. 1. Técnicas de minería de procesos más utilizadas según usuarios y expertos. Fuente: (Claes & Poels, 2013)

Inductive visual Miner (IvM) (Leemans et al., 2014) es una técnica desarrollada en 2014 y es actualmente de las más usadas en las investigaciones de minería de procesos. Genera modelos de procesos animados en una notación inspirada en la BPMN, lo cual contribuye a mejorar el entendimiento de los mismos por parte de los usuarios ajenos a la minería de procesos. Estos modelos permiten apreciar con mayor facilidad la formación de cuellos de botella y las desviaciones de los procesos que se modelan, además de las actividades frecuentes e infrecuentes que los componen. Sin embargo, esta técnica no genera las posibles variantes de ejecución de los procesos.

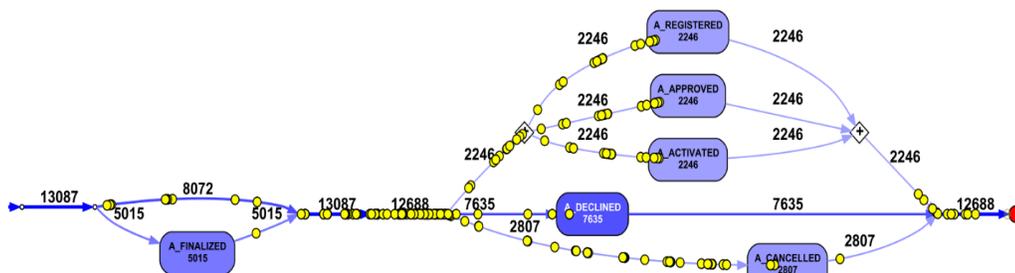


Figura. 2. Ejemplo de modelo de proceso generado con IvM. Fuente: (Leemans et al., 2014)

La Minería de Variantes o Variants Miner (Pérez, 2014) posee un enfoque diferente al de otras técnicas de minería de procesos al proponer varias descomposiciones alternativas para el mismo subproceso, utilizando diferentes operadores de control de flujo. Esto permite controlar el impacto estructural del ruido y la ausencia de información en la construcción de las alternativas. Las alternativas se construyen al descartar o considerar comportamientos poco frecuentes que están contenidos en el registro de eventos. También en dicha construcción se asumen comportamientos ausentes del registro.

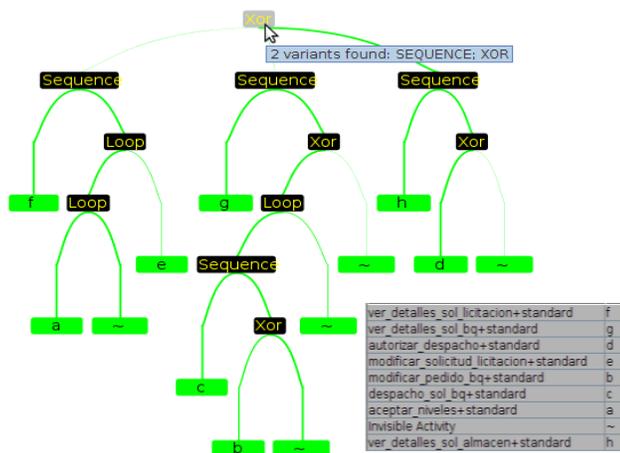


Figura. 3. Ejemplo de árbol de variantes. Fuente: (Pérez, 2014)

Al comparar las técnicas antes mencionadas y resumidas en la Tabla 2 y a partir de un análisis documental (De Medeiros, 2006; Leoni & van der Aalst, 2012; Hernández-Nariño et al., 2013; Chamorro & Maturana, 2013; Hernández-Nariño et al., 2014) se concluye que *Heuristics Miner* es útil para obtener una vista global del proceso. Por su parte *Fuzzy Miner* permite obtener una vista de la frecuencia de ejecución de las actividades de procesos, así como la detección de desviaciones. *Inductive visual Miner* es una de las técnicas más recientes, sin embargo, es utilizada frecuentemente en análisis de tiempo y es considerada por los expertos como una de las más intuitivas.

Variants Miner, por su parte permite realizar análisis de las variantes alternativas del proceso, además es posible incorporarle análisis basados en tiempo, lo cual enriquece el modelo en análisis. Todas las técnicas son multicriterios lo que propicia realizar análisis desde diferentes perspectivas. El análisis anterior permitió seleccionar a *Variants Miner* para la propuesta de solución, teniendo en cuenta la incorporación de la perspectiva tiempo de minería de procesos, lo cual enriquece las variantes alternativas de ejecución.

Resultados

Instanciación de la técnica *Variants Miner*

La propuesta de solución consiste en la integración de la técnica de minería de procesos *Variants Miner* al XAVIA HIS. Este componente mostrará las variantes alternativas de la ejecución de los procesos desde el sistema, con la información temporal extraída de los registros de eventos.

Para ello es necesario adaptar la técnica antes mencionada a las tecnologías de desarrollo definidas para el sistema XAVIA HIS. El lenguaje de programación propuesto es Java, el Entorno Integrado de Desarrollo Eclipse 3.4.2, el marco de trabajo JBoss Seam 2.1.1 y para el mapeo de los datos se propone Hibernate 3.3. La técnica a integrar utilizará los datos almacenados en la base de datos del sistema para generar los modelos de proceso.

A partir de las investigaciones realizadas y las características que posee el Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS, se propone el diseño de solución representado en la Figura 7, el cual describe de forma gráfica el diseño conceptual del componente a desarrollar. En el mismo se tienen en cuenta todos los aspectos descritos en la presente investigación y que son necesarios para cumplir el objetivo planteado. Este diseño permitirá la integración no solo al HIS sino también a otros sistemas concebidos bajo la misma línea base de desarrollo.

La instanciación del componente para la visualización de modelos de procesos basado en la técnica *Variants Miner* incorporándole la perspectiva temporal de minería de procesos, utiliza como entrada un registro de eventos en formato XES (*eXtensible Event Stream*) y genera como salida un modelo de procesos en forma de árbol, donde cada

actividad mostrada en el árbol contendrá su duración máxima, media, mínima y total. Para el desarrollo del mismo se sigue el flujo de información representado en la Figura 7.

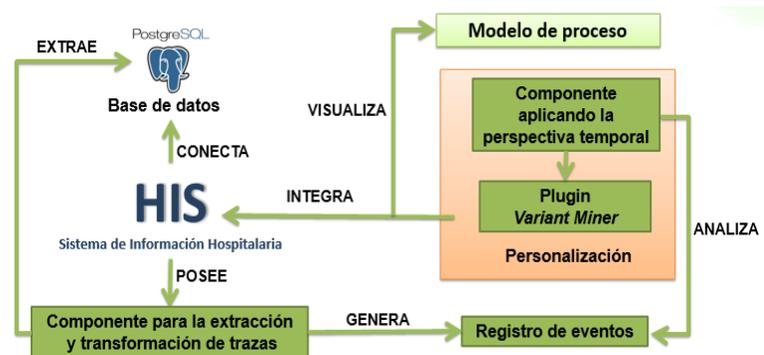


Figura. 7. Flujo de información de la propuesta de solución. Fuente: Elaboración propia.

El componente para la extracción y transformación de trazas del HIS, extrae la información de la ejecución de las actividades de una base de datos y genera un Registro de eventos, el cual es el punto de partida del componente aplicando la perspectiva temporal. Este componente es producto de una investigación previa a la actual (Orellana, Pérez & Larrea, 2015). Luego se instancia la técnica Variants Miner incorporándole el componente antes mencionado. La personalización se integra al HIS y genera un modelo de proceso, el cual se visualiza desde el sistema. A continuación, se muestra un procedimiento descrito en tres fases, para el desarrollo de dicho componente.

1. Extracción de la información de tiempo de los registros de eventos aplicando la perspectiva temporal de minería de procesos.
2. Instanciación de la técnica Variants Miner, incorporándole el resultado del paso 1 y determinando las configuraciones para el XAVIA HIS.
3. Integración de la instanciación de la técnica Variants Miner en el HIS, para la visualización de modelos de procesos.

Extracción de la información de tiempo

Esta fase se desarrolla con el objetivo de obtener las métricas para el análisis de procesos aplicando la perspectiva temporal. Dichas métricas son: la duración mínima, media, máxima y total de cada una de las actividades del proceso en análisis.

Duración total: se refiere a la suma de todos los tiempos de duración de las instancias de cada actividad de un proceso.

Duración media: es el tiempo promedio en que se ejecutan las actividades de un proceso, la misma se realiza basándose en la Fórmula 1 de media aritmética (Mason et al., 1998):

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

Una actividad dentro de un proceso puede ejecutarse una o varias veces, cada a_i representa el tiempo que demora la actividad en la aparición i , y n el total de apariciones de dicha actividad.

- **Duración mínima:** del total de apariciones, la menor duración registrada de la actividad.
- **Duración máxima:** del total de apariciones, la mayor duración registrada de la actividad.

Para el desarrollo del componente, se crearon las clases Analisis, TimeDifDate, Metriccs.

La clase TimeDifDate es una estructura donde se almacena la diferencia de tiempo entre el inicio y el fin de una actividad. La clase Metriccs representa una estructura para almacenar duración media, máxima, mínima y total de ejecución de las actividades en el Registro de eventos. La clase Analisis permite calcular la duración media, la duración máxima y la duración mínima de cada una de las actividades, haciendo uso de las clases TimeDifDate y Metriccs.

Instanciación de la técnica Variants Miner

La instanciación de la técnica *Variants Miner* se realizó bajo las siguientes tareas:

1. Establecer las configuraciones para su integración al HIS.
2. Mostrar en los nodos hojas del árbol que devuelve la técnica, las métricas generadas por el componente aplicando la perspectiva temporal.

La instanciación al igual que la técnica de ProM, utiliza como entrada un Registro de eventos en formato XES y un ámbito definido como parámetros de entrada, el ámbito se especifica en términos de umbrales para ruido y completitud.

Los umbrales para ruido y completitud se definen como un número entre cero y 100 y pueden ser especificados individualmente para cada patrón de control de flujo. Los valores serán asignados por defecto, donde los valores de los umbrales para ruido serán de un 5% y para los umbrales de completitud serán de un 95%, se establecieron dichos

valores con el propósito de obtener un modelo que sea comprensible por el usuario y a la vez que brinde la mayor exactitud posible.

Para cumplir con el objetivo número 2 se creó un paquete denominado `org.processmining.variantstree.patterns.temporal`, el cual contiene las clases desarrolladas en el componente aplicando la perspectiva temporal de minería de procesos.

Integración de la instanciación al sistema XAVIA HIS

Una vez personalizado la técnica *Variants Miner*, se procede a su integración con el HIS, la cual se detalla en los pasos:

1. El Registro de eventos es utilizado como parámetro de entrada de la clase `AnalisisVariants`.
2. Luego se instancia la clase `VariantsTreeManager` que descompone el proceso almacenado en el registro de eventos, en varios subprocesos.
3. Posteriormente se obtiene el modelo, el cual se convierte a un archivo en formato `svg`, a partir del método `exportarSVG` de la clase `AnalisisVariants`.
4. Finalmente se visualiza en el HIS el modelo de proceso.

Para la visualización, el componente incluye dentro de sus elementos fundamentales, la interfaz de usuario, la cual se estructura de las siguientes secciones:

- Área para la entrada de datos
- Área de resultados

El área para la entrada de datos es donde los analistas e investigadores de procesos introducirán los datos que serán necesarios para que el sistema muestre el modelo. Esta área sustituye las herramientas que tradicionalmente son utilizadas para extraer el registro de eventos de forma externa al sistema y soluciona el problema de la Usabilidad para no expertos, planteado en el Manifiesto de la minería de procesos (van der Aalst, 2011). Las entradas de esta área son: selección del proceso, selección del tipo de análisis, en este caso Perspectiva temporal y el rango de tiempo en el cual se obtendrán las trazas de ejecución para el proceso seleccionado.

Parámetros de entrada

Seleccionar proceso: proceso solicitar productos ▼

Desde: 2011-11-10

Hasta: 2012-03-15

Seleccionar tipo de análisis: Perspectiva Temporal ▼

Generar Cancelar

Figura. 8. Área para la entrada de datos. Fuente: (Orellana, Pérez & Larrea, 2015;).

El área de resultados muestra un modelo de variantes de procesos en forma de árbol. Donde los nodos hojas representan las actividades que conforman el proceso, cada actividad aparece con su duración mínima, media, máxima y total. Los nodos patrón, muestran el nombre del patrón de control de flujo utilizado para descomponer el subproceso en la variante correspondiente, las aristas del árbol representan caminos dentro del proceso.

El grosor de estas aristas depende de la frecuencia con la cual aparece en el registro de eventos el camino que representan y dicho grosor representa además las posibles desviaciones, es decir mientras más finas sean las aristas, mayor existencia de desviaciones.

En el área también se muestra una leyenda especificando cada actividad del proceso, pues estas aparecen codificadas en el modelo, además en dicha leyenda se muestra la frecuencia de cada una de las actividades. El sistema muestra los patrones de control de flujo utilizados para la descomposición en subproceso y si se selecciona uno de dichos patrones, el sistema muestra una descripción de su significado. El sistema permite expandir, contraer y arrastrar el modelo.

La Figura 9 muestra una vista de dicha área desde el XAVIA HIS.

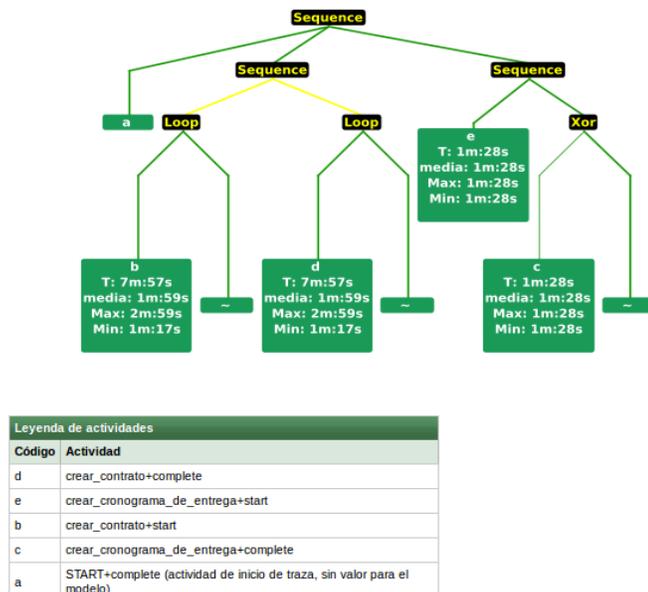


Figura. 9. Área de resultados. Interfaz del modelo "Procesar Solicitudes" generado por el componente. Fuente: Elaboración propia.

Los nodos hojas del árbol de variantes representan las actividades que se ejecutan en el proceso, además cada nodo muestra las métricas para el análisis de procesos aplicando la perspectiva temporal, las cuales son duración total, media, máxima y mínima. Las métricas en el modelo aparecen en abreviaturas, en la siguiente tabla se muestra como se identifican cada una en el árbol de variantes.

Tabla 2. Métricas de tiempo. Elaboración propia

Métricas	Identificador
Duración total	T
Duración media	Media
Duración máxima	Max
Duración mínima	Min

Las métricas aparecen en el formato D HH: mm: ss., d representa la cantidad de días, h las horas, m los minutos y s los segundos de ejecución de cada actividad.

Análisis del proceso procesar solicitudes

Como caso de estudio se procede a analizar el proceso Procesar Solicitudes, representado por la Figura 10. Para comprender los modelos generados por el componente en el sistema se ha aplicado el mismo a un registro de eventos que corresponde al módulo Almacén del HIS. El registro de eventos recopila 150 ejecuciones (instancias) del proceso Procesar Solicitudes entre las fechas 10/05/2012 y 23/07/2012. Dicho proceso cuenta con 5 actividades. La Figura 10 muestra el modelo generado:

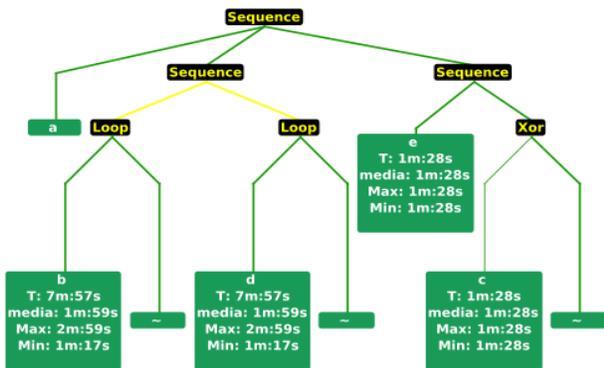


Figura. 10. Modelo del proceso "Procesar Solicitudes" generado por el componente. Fuente: Elaboración propia.

El primer nivel de abstracción del árbol lo constituye el patrón de control de flujo Secuencia, lo que significa que los subprocessos crear_contrato y crear_cronograma_de_entrega, se ejecutaron uno seguido del otro. Seguidamente se realiza el análisis de los subprocessos identificados correspondientes al segundo nivel de abstracción.

Tabla 3. Tiempos de ejecución del proceso Procesar Solicitudes. Elaboración propia

Actividad	Cod	Total	media	mín	máx
crear_contrato+ complete	d	7:57s	1:59s	2:59s	1:17s
crear_cronograma_de_entrega+star	e	1:28s	1:28s	1:28s	1:28s
crear_contrato+star	b	7:57s	1:59s	2:59s	1:17s
crear_cronograma_de_entrega +complete	c	1:28s	1:28s	1:28s	1:28s

La tabla 3 se interpreta de la siguiente forma por cada una de las actividades. La actividad crear_contrato+ complete codificada como d, tiene una duración total de 7 minutos y 57 segundos, una duración media de 1 minutos y 59 segundos, una duración máxima de 2 minutos y 59 segundos y duración mínima de 1 minutos y 17 segundos.

Subproceso Crear cronograma de entrega

La descomposición obtenida para este subproceso y la codificación de sus actividades se muestran en la Figura 12.

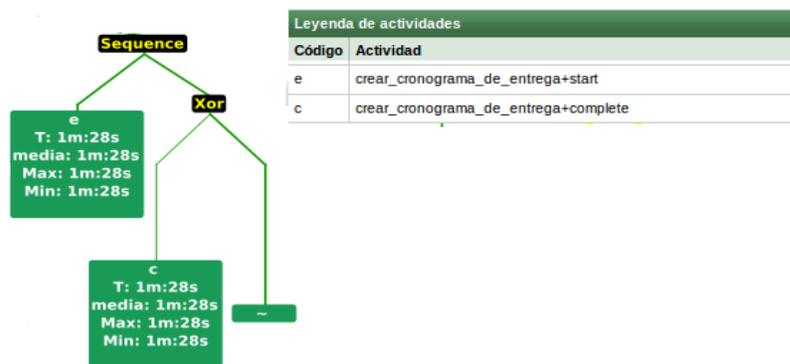


Fig. 12. Modelo del subproceso Crear cronograma de entrega. Fuente: Elaboración propia.

En esta sección del registro de eventos se identifica la existencia de la secuencia entre la actividad crear_cronograma_de_entrega+star y un subproceso descompuesto mediante el patrón de control de flujo selección exclusiva. La traza que contiene únicamente a la actividad crear_cronograma_de_entrega+complete representa una de las situaciones de ausencia de información reportadas en la literatura (Yzquierdo, 2012).

La ausencia de representación de uno de los subprocesos que se encuentran en secuencia en alguna traza es considerada ausencia de información para el patrón de control de flujo secuencia. El análisis de la sección del registro de eventos correspondiente evidencia la ausencia de información en la segunda traza.

La identificación de la ausencia de información en esa traza provoca la inserción de una actividad invisible inmediatamente después de la actividad crear_cronograma_de entrega+complete. Una tarea invisible se puede

manifiestar cuando se produce un salto de una o varias actividades en una situación de selección. La inserción de la actividad invisible en la traza posibilita la posterior identificación del patrón de selección exclusiva.

En el grosor de las aristas del árbol del subproceso cuya descomposición se realizó utilizando el patrón de selección exclusiva, se observa que la alternativa que contiene la actividad invisible insertada es menos frecuente. Esto indica que la ejecución más común del subproceso crear_cronograma_de_entrega es la secuencia conformada por crear_cronograma_de_entrega+start y crear_cronograma_de_entrega+complete.

Subproceso Crear contrato

La descomposición obtenida para este subproceso y la codificación de sus actividades se muestran en la Figura 13.

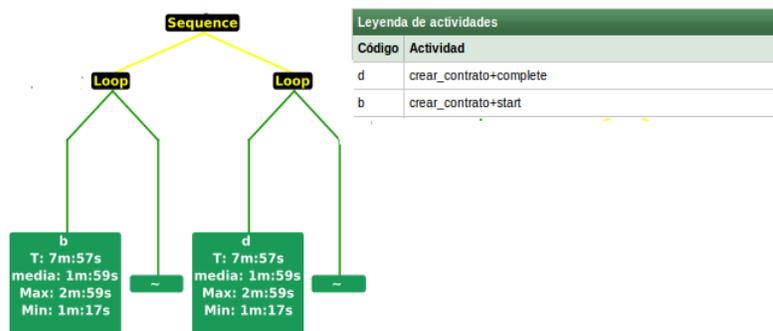


Figura 13. Modelo del subproceso Crear contrato. Fuente: Elaboración propia.

En esta sección del registro de eventos se identifica una secuencia entre dos subprocesos descompuestos mediante el patrón de control de flujo Lazo, esto significa en un primer momento se ejecutará el subproceso descompuesto por el patrón lazo de la izquierda y en un segundo momento el descompuesto por el patrón Lazo de la derecha.

El primer subproceso se descompone a su vez en una actividad llamada crear_contrato+start y una actividad invisible, la cual representa que existe ausencia de información en el proceso. La actividad crear_contrato+start en el lazo se va a ejecutar tantas veces como aparezca en el registro de eventos, dicha actividad siempre va a aparecer como actividad de inicio de la secuencia del subproceso general.

El segundo subproceso se descompone en dos actividades, crear_contrato+complete y una actividad invisible que al igual que en el subproceso anterior representa ausencia de información. La actividad crear_contrato+complete puede aparecer tantas veces como se registre en el registro de eventos y la misma es la que culmina la secuencia general iniciada por la actividad crear_contrato+start del lazo izquierdo.

Conclusiones

El desarrollo de un componente aplicando la Perspectiva temporal de Minería de procesos permitió obtener las métricas necesarias para realizar el análisis de procesos aplicando la Perspectiva temporal de dicha tecnología.

La personalización de la técnica Variants Miner, permitió obtener un árbol de variantes donde se visualiza en los nodos hojas las métricas para realizar el análisis de procesos aplicando la perspectiva temporal. El resultado obtenido puede ser utilizado por analistas de procesos hospitalarios e investigadores, permitiéndoles realizar análisis de la ejecución de los procesos del HIS en cuestión. Permite utilizar una fuente de información que por lo general en estos sistemas pasa desapercibida, dotando al HIS de un componente para el análisis de procesos. Como futura extensión de la investigación se plantea la interpretación de los resultados en un lenguaje natural para facilitar su entendimiento por los usuarios del sistema.

Referencias

DIOS-RUBIO, M. A., FRAMIÑÁN, J. M., DOMÍNGUEZ, R., & LEÓN, J. M. Modelado y análisis de un proceso quirúrgico mediante técnicas de Minería de procesos. Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Organización - ADINGOR, pp. 243-257, 2010.

YZQUIERDO HERRERA, R. Minería de proceso como herramienta para la auditoria. Ciencias de la Información, vol. 44, no. 2, 25-32, 2013.

ORELLANA, A., PÉREZ, D., & LARREA, O. U. Analysis of Hospital Processes with Process Mining Techniques. [ed.] Indra Neil Sharkar, Andrew Georgio y Paulo Mazzoncini de Azevedo. Sao Paulo: s.n., 2015. MEDINFO 2015: EHealth-enabled Health: Proceedings of the 15th World Congress on Health and Biomedical Informatics. Vol. 216, pp. 310-314. 978-161449-564-7, 2015.

IEEE TASK FORCE ON PROCESS MINING. Manifiesto sobre Minería de proceso [online]. S.l.: s.n. Disponible desde: <http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/lib/exe/fetch.php?media=shared:pmm-spanish-v1.pdf>. 2011.

ORELLANA A., PÉREZ, Y. E., LARREA, O.U. "Process Mining in Healthcare: Analysis and Modeling of Processes in the Emergency Area." Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina) ISSN: 1548-0992. Vol. 13, no. 5, 2015.

VAN DER AALST., W.M.P. Process Mining. Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. London New York: Springer, ISBN 978-3-642-19344-6. 2011.

ORELLANA, A., PÉREZ, Y.E. & LARREA, O.U. Process Mining in Healthcare: Analysis and Modeling of Processes in the Emergency Area. *Latin America Transactions, IEEE*, Vol. 13 no. 5, p.1612-1618. 2015a.

ORELLANA, A., LARREA, O.U, PÉREZ, Y.E., AND PÉREZ-ALFONSO, D. Inductive Visual Miner Plugin Customization for the Detection of Eventualities in the Processes of a Hospital Information System. *Latin America Transactions, IEEE*, Vol. 14 no. 4, pp.1930-1936. 2016.

PÉREZ, D. Técnica para el diagnóstico de variantes de procesos de negocio. Tesis de Maestría, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, 2014.

ORELLANA, A., SÁNCHEZ, Y. Minería de procesos en salud. Caso de Estudio: modelado de los procesos del área de Emergencia. Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2014) "Excellence in Engineering To Enhance a Country's Productivity".PRF#254, 13 978-0-9822896-7-9. 2014.

MANS, R. S., VAN DER AALST, W. M., VANWERSCH, R. J., & MOLEMAN, A. J. Process mining in healthcare: Data challenges when answering frequently posed questions. In *Process Support and Knowledge Representation in Health Care*. Springer Berlin Heidelberg.C, pp. 140-153, 2013.

MANS, R. S., VAN DER AALST, W. M., & VANWERSCH, R. J. Healthcare Processes. In *Process Mining in Healthcare*. Springer International Publishing, pp. 11-15, 2015.

REBUGE, Á. & FERREIRA, D. R. Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining. *Information Systems*, vol. 37, no. 2, 99-116, 2012.

CLAES, J., & POELS, G. Process mining and the ProM framework: an exploratory survey. In *Business Process Management Workshops*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 187-198, 2013.

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

HERNÁNDEZ-NARIÑO, A. ET AL. Inserción de la gestión por procesos en instituciones hospitalarias. Concepción metodológica y práctica. *Revista de Administração-RAUSP*. vol. 48, no.4, p. 739-756, 2013

HERNÁNDEZ-NARIÑO, A., MEDINA-LEÓN, A., NOGUEIRA-RIVERA, D., NEGRÍN-SOSA, E., & MARQUÉS-LEÓN, M. Systems characterization and clasification, a needed step for processes management and improvement. The specifics of health care organizations. *Dyna*, vol. 81 no. 184, p. 193-200. 2014.

LEONI, M., & VAN DER AALST., W.M.P. Aligning Event logs and Process Models for Multi- Perspective Conformance Checking: An Approach Based on Integer Linear Programming. Netherlands: Eindhoven University of Technology.2012.

DE MEDEIROS, A.K. Genetic Process Mining. Eindhoven University of Technology. ISBN: 90-386-0785-7, ISBN: 978-90-386-0785-6, 2006.

CHAMORRO, M. C., & MATURANA, S. Método para Aplicar Minería de procesos a la Distribución de Bebestibles No Alcohólicos. 2013.

MASON, R. D, et al. Estadística para administración y economía. México DF: Alfaomega, No. 658.00212 M376E 1998.

YZQUIERDO, R. Modelo para la estimación de información ausente en las trazas usadas en la minería de proceso. Tesis de Doctorado, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba. 2012.