

Application of Model L* Mining Process to the Module of Warehouse of the Hospital Information System (HIS)

Arturo Orellana García, Ing¹, Yovannys Sánschez Corales, MSc¹, and Laura González Cabrera, Ing²

¹Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, aorellana@uci.cu, yscorales@uci.cu

²SOFTEL, Cuba, laura@softel.cu

Abstract— Most companies use information systems to manage the execution of the business processes. Information systems record in a trace the actions that are performed when running instances or cases of business process. Obtaining the process models from the information contained in the trace is possible by means of use of process mining which its offers much other advantages. The process mining techniques gives support to operative work of companies. The mined models supports business process redesign and diagnosis. Diagnosis includes performance analysis, anomaly detections, and identification of common patterns. The process mining is useful on business management because it can to contribute to the business process managements and business audits. For development of research is applied the model of lifecycle L proposed by Will van der Aalst for analyzing business processes. This research presents the application of several techniques of process mining to Module Store of a Hospital Information System, oriented to show its real utility in the business process management, in function to improve it.*

Keywords— Process diagnostic, process management, process mining, information system.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.004>

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.004>

Aplicación del Modelo L* de minería de proceso al módulo Almacén del Sistema de Información Hospitalaria alas HIS

Arturo Orellana García, Ing¹, Yovannys Sánschez Corales, MSc¹, and Laura González Cabrera, Ing²

¹Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, aorellana@uci.cu, yscorales@uci.cu

²SOFTEL, Cuba, laura@softel.cu

Abstract– Most companies use information systems to manage the execution of the business processes. Information systems record in a trace the actions that are performed when running instances or cases of business process. Obtaining the process models from the information contained in the trace is possible by means of use of process mining which its offers much other advantages. The process mining techniques gives support to operative work of companies. The mined models supports business process redesign and diagnosis. Diagnosis includes performance analysis, anomaly detections, and identification of common patterns. The process mining is useful on business management because it can to contribute to the business process managements and business audits. For development of research is applied the model of lifecycle L proposed by Will van der Aalst for analyzing business processes. This research presents the application of several techniques of process mining to Module Store of a Hospital Information System, oriented to show its real utility in the business process management, in function to improve it.*

Keywords– Process diagnostic, process management, process mining, information system.

I. INTRODUCCIÓN

Un enfoque más inteligente de la atención sanitaria, es el que utiliza la información para crear conocimientos sobre la atención al paciente y el rendimiento de la institución hospitalaria [1]. Los organismos de salud, cada vez disponen de más información, lo que implica un gran volumen de conocimiento, y contrario a esto, escasas alternativas de analizarlos; a causa de la ausencia de herramientas que lo permitan. Por otra parte, los métodos de detección y control, chequeo de conformidad y mejora de procesos asistenciales y administrativos, se basan en largas entrevistas y reuniones de grupo, con el fin de tratar de entender cómo estos funcionan. Junto a los enormes costos asociados a estos métodos, los resultados son inherentemente subjetivos y sesgados por las percepciones idealizadas.

Los procesos en el área de salud incluyen tareas no solo clínicas sino administrativas, las cuales generan importantes volúmenes de datos acerca de los pacientes y el personal en general. Además están vinculados a disciplinas como la gestión, economía y nuevas tecnologías, o sea, no solo se generan datos sobre la salud de los pacientes. La aplicación de minería de proceso se presenta como una tecnología de importancia para su puesta en práctica en el sector de la salud y está determinada por la premisa de que el sistema de información posea un registro de trazas donde se almacene la

actividad de los usuarios y procesos. Estos registros se analizan con herramientas como el ProM [2] y se obtienen gráficas, secuencias y modelos que identifican y caracterizan los procesos ejecutados [3].

Con los resultados obtenidos al aplicar técnicas de análisis con ProM, es posible observar los pasos seguidos por los pacientes, conocer las excepciones e identificar cuellos de botella en los procesos, así como, cuáles son las personas o departamentos médicos que trabajan juntos. Esta información permite tomar acciones que traen como consecuencia la mejora de la organización en cuanto a reducción de costos, del tiempo de atención o tratamiento a un paciente, creación de nuevos estándares sobre la forma de trabajo, disminución del nivel de complejidad de los procesos y el fortalecimiento de la colaboración entre las distintas disciplinas médicas [4].

Con el objetivo de informatizar los procesos del nivel secundario se encuentra en construcción un Sistema de Información Hospitalaria o Hospital (HIS, por sus siglas en inglés), desarrollado por la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), específicamente por el Centro de Informática Médica (CESIM). En el HIS se encuentran informatizados los procesos fundamentales que se llevan a cabo en el nivel secundario de atención, orientados a satisfacer las necesidades de almacenamiento, procesamiento, recopilación e interpretación de los datos médico-administrativos generados. Este sistema está compuesto por diversos módulos, que responden a procesos asistenciales y administrativos, destacándose principalmente: admisión, bloque quirúrgico, enfermería, configuración, emergencias y almacén.

Actualmente el sistema no cuenta con herramientas que permitan conocer la realidad de la ejecución de sus procesos, ni identificar cuellos de botellas, elementos anómalos y retrasos en el tiempo en el proceso “Solicitar producto” del módulo Almacén, por lo que la investigación está orientada a describir el análisis de este proceso a partir del uso de su registro de eventos y la herramienta ProM como generador de modelos de procesos.

II. MINERÍA DE PROCESO

Para comprender esta tecnología, es necesario aclarar, que el conjunto de herramientas integradas que dan soporte a negocios y a usuarios informáticos se denomina Inteligencia de Procesos de Negocio (Business Process Intelligence, BPI por

sus siglas en inglés). Según [5] BPI se refiere a la “aplicación de varias técnicas de medición y análisis. En la práctica, BPI está envuelta en herramientas para gestionar la calidad de la ejecución de los procesos al ofrecer varias características tales como análisis, predicción, monitoreo, control y optimización”.

La minería de proceso es una herramienta BPI [6]. Las técnicas de minería de proceso son "inteligentes", ya que el análisis que ellas proveen está basado en registros de eventos y modelos y requieren poca intervención humana para efectuarlo. Desde la fundación del Grupo de Trabajo del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE por sus siglas en inglés) en el año 2009, se han realizado talleres y sesiones especiales sobre BPI, tutoriales (World Congress on Computational Intelligence, WCCI por sus siglas en inglés), escuelas de verano (Estonian Summer School in Computer and Systems Science, ESSCa por sus siglas en inglés), videos y varias publicaciones.

En el año 2010 se denominó XES como formato estándar de registro de eventos. En el 2011 se escribe el primer libro sobre minería de proceso¹ y se realiza el primer Desafío de Inteligencia de Procesos de Negocio (Business Process Intelligence Challenge, BPIC'11), donde los participantes extrajeron conocimiento relevante de un complejo registro de eventos. De esta manera se desarrolla la minería de proceso, la cual sustenta sus objetivos en base a la gestión, donde el análisis de información constituye el punto de partida y el elemento fundamental en la mejora de los procesos.

El concepto de minería de proceso surgió hace más de una década [7]. La disciplina de minería de proceso también tiene sus raíces en el trabajo de Cook y Wolf, quien propuso el descubrimiento de modelos de procesos a partir de los datos contenidos en los registros de eventos [8]. Desde entonces ha sido objeto de numerosas investigaciones, y por tanto, aplicada a la mayoría de las ramas de la sociedad: ingeniería, ciencias computacionales, educación, salud y el desarrollo de software.

El crecimiento de un universo digital que está bien alineado con los procesos en las organizaciones hace posible registrar y analizar eventos [9]. Los eventos podrían variar desde el envío de información a través del correo electrónico, un técnico ajustando un equipo de radiología, un ciudadano solicitando un préstamo, hasta la recepción del boleto de un viajero.

El mayor desafío consiste en utilizar al máximo estos datos de eventos de una forma significativa. La minería de proceso se refiere a la extracción de modelos de procesos a partir de un registro de eventos; los modelos obtenidos según van der Aalst pueden ser representados a través de una red de Petri o la Notación de Gestión de Procesos de Negocio (Business Process Management Notation, BPMN por sus siglas en inglés) [10]. Además proporciona soporte

operacional, lo que le permite detectar, predecir y recomendar eventualidades que se presenten en el proceso.

A. Minería de proceso en la gestión de procesos de negocio

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

En un análisis de [11] se concluye que existen diversos motivos que mueven este enfoque dentro de una organización, entre los cuales se encuentran: extensión del programa institucional de calidad, cumplimiento de legislaciones vigentes, mejoramiento continuo, entender qué se está haciendo bien o mal a través de la comprensión de los procesos, así como la automatización y organización de los mismos.

Como es conocido el ciclo de vida de la Gestión de Procesos de Negocio (BPM por sus siglas en inglés) abarca las siete fases de un proceso de negocio y los sistemas de información asociados al mismo (ver Fig. 1).

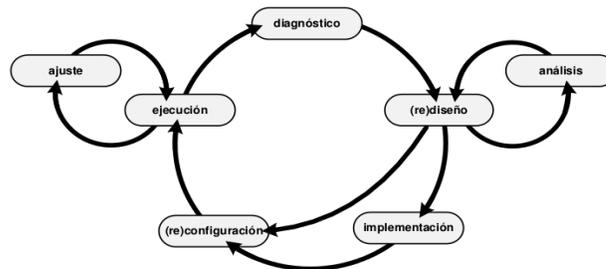


Fig. 1 Ciclo de vida BPM.

Primeramente se diseña un proceso, el cual es convertido en un sistema ejecutable en la fase de implementación. En la fase de (re)diseño se crea un nuevo modelo de proceso o se adapta un modelo de proceso existente. En la fase de análisis se analiza un modelo candidato y sus alternativas. Después de la fase de (re)diseño, se implementa el modelo (fase de implementación) o se (re)configura un sistema existente (fase de (re)configuración). En la fase de ejecución se ejecuta el modelo diseñado. Durante la fase de ejecución el proceso es monitoreado. Además, se podrán realizar pequeños ajustes sin rediseñar el proceso (fase de ajuste). En la fase de diagnóstico se analiza el proceso ejecutado y la salida de esta fase podría iniciar una nueva fase de rediseño del proceso.

Por su capacidad para obtener información de la ejecución real de los procesos, la minería de proceso permite conectar los datos reales de los procesos con sus modelos. De esta

¹ van der Aalst, W.M.P. Process Mining Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes, Berlin Springer-Verlag, 2011.

forma los datos registrados por los sistemas de información pueden ser utilizados para brindar una mejor visión del proceso real, cerrando realmente el ciclo de vida BPM.

Una muestra del apoyo que brinda la minería de proceso a la gestión de procesos de negocio es la inclusión de estas técnicas en sistemas de inteligencia y gestión de negocios de importante proveedores internaciones de software [12]. Ejemplo de dichos sistemas y proveedores son ARIS Process Performance Manager (Software AG), Comprehend (Open Connect), Discovery Analyst (StereoLOGIC), Flow (Fourspark), Futura Reflect (Futura Process Intelligence), Interstage Automated Process Discovery (Fujitsu), OKT Process Mining suite (Exeura), Process Discovery Focus (Iontas/Verint), Process Analyzer (QPR), ProM (TU/e), Rbminer/Dbminer (UPC), y Reflect|one (Pallas Athena).

III. MODELO L* PARA APLICAR TÉCNICAS DE MINERÍA DE PROCESO

Este modelo hace una descripción del ciclo de vida (L*) de un proyecto de minería de proceso [9]. Para la investigación en curso, los autores se enfocaron en aplicar 4 etapas de 5 (ver Fig. 2), la etapa 4 no fue aplicada debido a que el proceso no tiene un nivel de madurez estable aun.

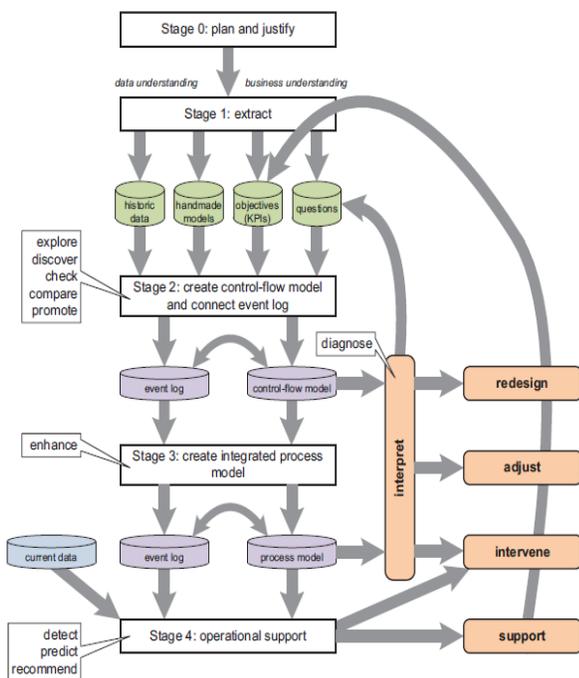


Fig. 2 Modelo L* para aplicar técnicas de minería de proceso [9].

Etapa 0 - Planificar y justificar. Los proyectos de minería de proceso comienzan por planificar y justificar las actividades a desarrollar. Para obtener adecuados resultados es necesario valorar los beneficios, antes de gastar esfuerzos en las actividades de minería. Existen tres tipos básicos de proyectos de minería de proceso:

Basado en datos: impulsado por la disponibilidad de los datos de un evento; no posee preguntas concretas u objetivas, sino que espera surjan ideas valiosas al analizar los datos de eventos.

Impulsado por preguntas: con el objetivo de responder a preguntas específicas, por ejemplo: ¿Por qué los casos atendidos por el equipo médico tardan más que los casos atendidos por otro equipo?

Impulsado por objetivos: con el objetivo de mejorar los procesos en relación a los indicadores claves de rendimiento (reducción de costos o tiempos de respuesta).

Etapa 1 - Extracción. Luego de iniciar el proceso del proyecto se deben extraer del sistema los datos de eventos, modelos, objetivos y las preguntas. Para ello, es necesario entender los datos almacenados para analizar cuáles pueden ser utilizados en el análisis y qué preguntas son de mayor importancia. Según van der Aalst [9] es posible que se encuentren modelos realizados manualmente, que aunque tienden a tener poca calidad son el punto de partida de los modelos actuales, para aprovechar todo el conocimiento posible. Los modelos existentes pueden ayudar a establecer el ámbito del proceso y juzgar la integridad de los registros de eventos.

Etapa 2 - Crear el modelo de flujo de actividades y conectar con el registro de eventos. Tiene como objetivo fundamental obtener el modelo de flujo de actividades del proceso que se analiza. Dicho modelo puede ser descubierto usando las técnicas de descubrimiento de procesos; sin embargo, si es un buen modelo, se puede verificar a través del análisis de conformidad, comparar los modelos o combinar el modelo hecho a mano y el modelo descubierto. Como resultado se obtiene un modelo de flujo de actividades conectado con el registro de eventos, es decir, los eventos en el registro se refieren a actividades en el modelo. Esta conexión es fundamental para los pasos posteriores, siendo este modelo la entrada del proceso en la Etapa 3.

Etapa 3 - Crear un modelo de proceso integrado. La relación entre el registro de eventos y el modelo resultante de la Etapa 2 es utilizada para extender el modelo en esta etapa, el cual ha sufrido cambios factibles a través de la incorporación de nuevas perspectivas. A continuación se describen algunos pasos en el proceso de integración de las diferentes perspectivas:

- **Paso 3a:** agregar la perspectiva organizacional. Es posible analizar la red social y posteriormente identificar las entidades organizativas que conectan las actividades de los grupos de recursos.
- **Paso 3b:** agregar la perspectiva del tiempo. Las marcas de tiempo y las frecuencias se pueden utilizar para conocer las distribuciones de probabilidad que describen adecuadamente los tiempos de espera y servicio y las probabilidades de enrutamiento.

- **Paso 3c:** agregar la perspectiva del caso. Los atributos incorporados en el registro son utilizados para la minería de decisión. Esto demuestra que los datos son relevantes y deben ser incluidos en el modelo.
- **Paso 3d:** agregar otras perspectivas. Dependiendo de la información en el registro se pueden añadir otras perspectivas en el modelo como por ejemplo, la información sobre los riesgos y los costos.

Etapas 3 y 4 - Apoyo a las operaciones. Esta etapa cumple con los objetivos de la minería de proceso, que son las actividades de apoyo operativo: detectar, predecir y recomendar. Se debe tener en cuenta que el apoyo operativo es la forma más ambiciosa de la minería del proceso. Este sólo es posible para los procesos Lasaña. Por otra parte, es necesario que haya una infraestructura avanzada de las TIC que proporcione una alta calidad de los registros de eventos y permita la incorporación de un sistema de soporte operativo. Para poder alcanzar las Etapas 3 y 4 es necesario tener un proceso suficientemente estable y estructurado.

IV. HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para la realización de este trabajo, se utilizaron herramientas especializadas en diferentes etapas descritas a continuación: Pentaho Data Integration, es una herramienta de software libre que posee, entre otras, funcionalidades de entrada y salida de diversos tipos de archivos y una gama de opciones para someterlos a modificaciones durante el proceso. Permite a las organizaciones extraer datos de fuentes complejas y heterogéneas y diferentes tipos de datos para proporcionar alta calidad. Luego, para extraer los registros de MXML o XES de las fuentes de datos, son necesarios otros software, por ejemplo XESame [13] y Nitro [14]. Aunque son eficientes en su campo, poseen alta complejidad de trabajo en configuraciones técnicas y bases de datos, lo que resulta inconveniente para usuarios inexpertos o ajenos a las ciencias de la Computación, para la investigación es seleccionada la herramienta XESame.

Por último ProM, herramienta de software libre, multiplataforma y está diseñada para que en ella se puedan desarrollar y ejecutar algoritmos de minería. ProM es un marco extensible que es compatible con una amplia variedad de técnicas minería de proceso en forma de plugins. Es independiente de la plataforma, ya que es implementado en Java y puede ser descargado sin ningún costo. Está publicado bajo una licencia de código abierto. Presenta una gran variedad de filtros para la limpieza de registros no deseados o sin importancia.

V. APLICACIÓN DEL MODELO L* EN EL MÓDULO ALMACÉN DEL ALAS HIS

Etapas 0. Planificación y justificación.

El objetivo fundamental de esta investigación es demostrar las similitudes entre la definición formal del proceso y el registro de eventos obtenido a partir de las trazas de su ejecución. Por este motivo, se tiene en cuenta realizar el análisis con un enfoque basado en procesos, o sea, analizar el proceso en general, sobre el cumplimiento de las actividades representadas. Además, verificar cómo han sido ejecutadas las distintas instancias de proceso.

Etapas 1. Extracción (Caracterización del proceso de negocio)

Como objeto de análisis se tiene el proceso “Solicitar Productos”, correspondiente al módulo Almacén de un Sistema de Gestión Hospitalaria. El módulo Almacén se encarga de gestionar el flujo de información sobre los distintos movimientos que puede tener un producto en un almacén. Existen tres tipos de solicitudes de producto, solicitud de licitación, solicitud de almacén y solicitud de bloque quirúrgico (ver Fig. 3).

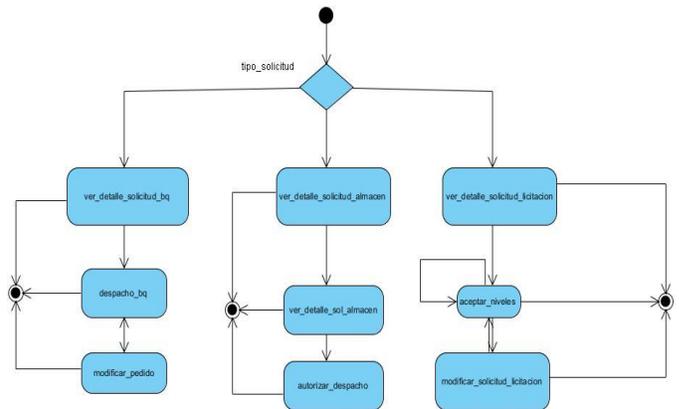


Fig. 3 Diagrama de procesos del negocio Solicitar Producto.

En la Figura 4 se muestra en cuáles tablas se localizan los datos necesarios para poder generar el registro de eventos. De la tabla jbpm_processdefinicion, se extrae el id del proceso seleccionado y el atributo name. En la segunda tabla jbpm_processinstance se selecciona el id_ de las instancias de proceso perteneciente al proceso analizado. En la tabla jbpm_taskinstance se selecciona el id_ de las instancias de las tareas realizadas por los usuarios y los atributos: name_, actorid_ y create_. Para finalizar en la tabla jbpm_pooledactor solamente se utilizara el atributo actorid_ que representa a los departamentos a los que pertenecen los usuarios que interactúan con la aplicación.

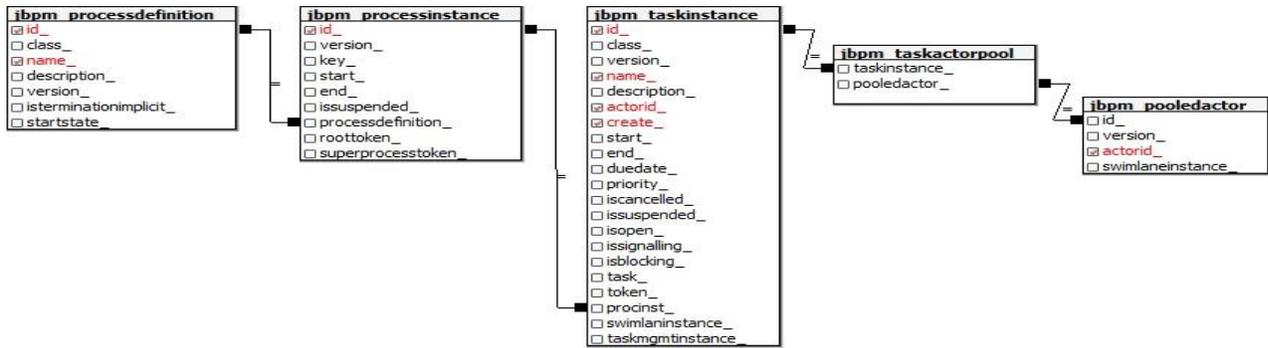


Fig. 4 Obtención del registro de eventos del proceso Solicitar producto.

Luego, se procede a acceder mediante la herramienta XESame a la base de datos, para extraer los datos y crear el registro de eventos. Esta herramienta permite realizar consultas a la fuente de datos, permitiendo extraer directamente desde esta, cada uno de las propiedades necesarias para obtener el archivo deseado. Tras realizar este procedimiento de extracción de datos la herramienta XESame exporta un fichero de extensión .xes el cual contiene el registro de evento que permitirá aplicar las técnicas y algoritmos de minería de proceso para descubrir modelos de proceso y obtener información relevante.

Etapas 2. Crear el modelo de flujo de actividades y conectar con el registro de eventos.

Obtenido el registro de eventos se procede a utilizar la herramienta ProM para generar el modelo de flujo de actividades del proceso bajo estudio. Esta acción descrita anteriormente representa a la primera etapa de la minería de proceso: el descubrimiento. En esta etapa se aplica la técnica de minería de proceso “Add artificial start and end events” al modelo obtenido tras la ejecución de la técnica “Mine for a Heuristic Net using Heuristic Miner”, esta técnica permite agregarle a cada instancia de proceso contenida en el registro de eventos una actividad de inicio y otra de fin, con el objetivo de darle una estructura adecuada y entendible a los modelos a obtener (ver Fig. 5).

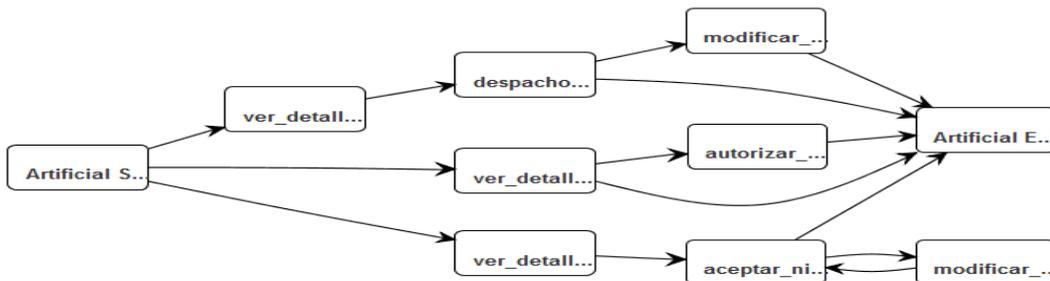


Fig. 5 Modelo obtenido al aplicar la técnica “Add artificial start and end events”.

Una vez obtenido este modelo, se le puede aplicar otro procedimiento para convertirlo en una Red de Petri, para esto se utiliza la técnica “Convert Heuristics net into Petri net” que permite convertir una red heurística en una Red de Petri (ver Fig. 5).

En la Figura 6, como se observa, aparecen actividades invisibles representadas con recuadros color negro, Según [15] una actividad invisible se manifiesta cuando una o varias actividades de la instancia de proceso no se han registrado en las trazas. A esto se le denominará falta de información. Una actividad no queda reflejada en el registro de evento si:

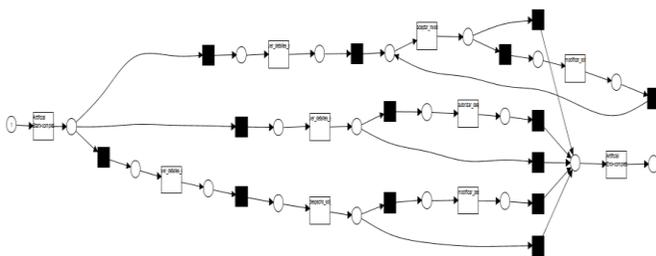


Fig. 6 Modelo obtenido al aplicar la técnica “Convert Heuristic net into Petri net”.

- No fue informatizada.
- Si fue informatizada pero el sistema de información no deja constancia de su ocurrencia en el registro de eventos.
- Si el registro de evento fue afectado y presenta ruido.

Para eliminar todas o la mayoría de estas actividades invisibles se utiliza la técnica “Reduce Silent Transitions”, que permite corregir los problemas que introdujo el algoritmo anteriormente.

Tras un análisis parcial de los modelos obtenidos puede inducirse que el registro de eventos coincide en su ejecución con el modelo de proceso del negocio, lo que indica que han sido ejecutadas correctamente las instancias de proceso. Existen actividades inconclusas en su definición (ver Fig. 6), siendo estas reducidas con motivo de eliminar datos incompletos e incongruencias, es importante destacar que de 1212 instancias de proceso generadas, 61 son inconclusas, lo que no quiere decir que en un momento determinado esta cifra

disminuya cuando finalice el proceso. Las técnicas aplicadas hasta el momento no permiten ver realmente lo que se encuentra dentro del registro de eventos, como sería el comportamiento en el tiempo de las instancias de proceso.

Etapa 3. Crear un modelo de proceso integrado.

Para lograr una eficiente interpretación de los resultados se debe conocer primeramente cada uno de los atributos que conforman al modelo de la figura 7.

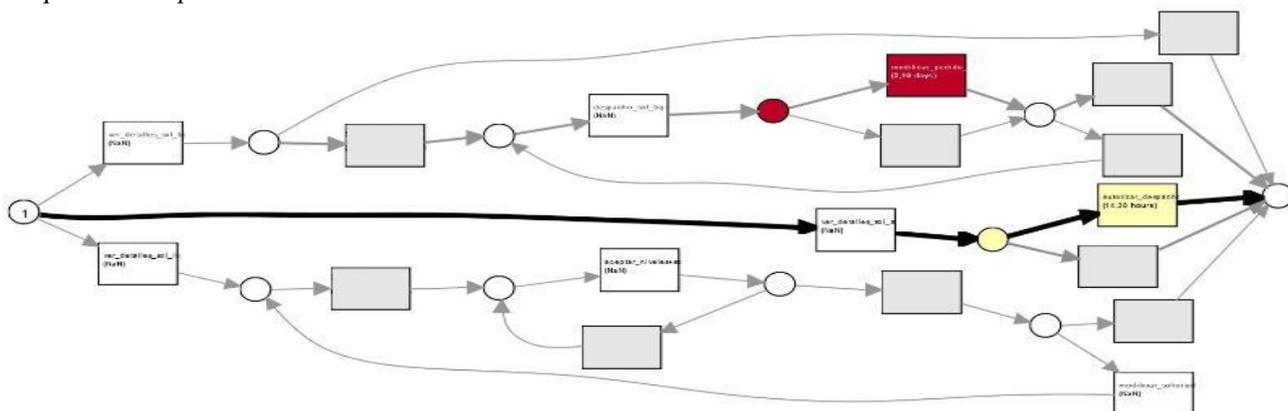


Fig. 6 Modelo integrado a la perspectiva tiempo una vez aplicada la técnica "Replay a Log on Petri net for Performance/Conformance".

Al analizar las transiciones, el plugin "Replay a Log on Petri net for Performance/Conformance" permite analizar el flujo de información y su comportamiento en el tiempo, establece que mientras más oscura y gruesa sea la transición, mayor cantidad de veces se han ejecutado las actividades que representan el flujo.

Esta representación permite en algunos casos definir a simple vista cuál es el flujo de actividades que más se ejecuta en el proceso del sistema bajo análisis. Como se aprecia en el modelo obtenido, el proceso Solicitar Producto, contiene el flujo de actividades más ejecutado, estas actividades son, ver_detalle_sol_almacen y autorizar_despacho.

Por otro lado, al analizar los nodos, y con ayuda de la leyenda de colores del plugin que contiene la técnica aplicada, se puede especificar a simple vista cuáles actividades son las más críticas y cuáles funcionan correctamente. Se define como actividad crítica, aquella que sobrepasa el tiempo estimado de respuesta entre una actividad y otra. Este tiempo puede ser definido por el cliente, o estimado por la técnica, teniendo en cuenta un estudio basado en el comportamiento de todas las ejecuciones anteriores de los flujos de actividades similares al que se encuentre bajo análisis [16].

La escala de colores utilizada por este plugin transita desde un color blanco, amarillo claro hasta un color rojo vino. A mayor oscuridad en el color mayor probabilidad de que exista un mal funcionamiento del sistema respecto al tiempo medio de estancia de las transiciones en una actividad antes de transportarse hacia otra [16]. Cuando se analiza el modelo integrado obtenido en la etapa anterior, se puede comprobar

que existen seis nodos que presentan coloración blanca, uno amarillo claro y otro rojo vino. Los nodos de color blanco representan las transiciones que ocurrieron de forma eficiente y rápida. El nodo que aparece en amarillo claro, demuestra que existe una tardanza al recibir algunas de las respuestas del nodo que lo precede en el flujo de actividades correspondiente a él.

En este nodo (autorizar_despacho) queda representado el tiempo promedio que puede llegar a tardar un usuario o el sistema en autorizar_despacho una vez ha visto la actividad ver_detalle_sol_almacen. Se calcula que el tiempo mínimo de espera fue de 3.29 segundos, el tiempo máximo de espera fue de 5 meses y el average en el tiempo de espera es de 14.38 horas. El último nodo a analizar modificar_pedido_bq presenta el promedio de tiempo de espera más crítico, siendo este de 3.15 días. Esto se debe a que su tiempo mínimo de espera es de 4.43 minutos y el tiempo máximo de 7.45 días, por lo que al calcular el promedio ese tiempo medio es el resultante.

Si se observa la diferencia entre los tiempos de espera máximo y mínimo entre las actividades modificar_pedido_bq y autorizar_despacho se nota que:

- El tiempo de espera mínimo de la primera actividad (3.29 segundos) es menor que el de la segunda (4.43 minutos).
- El tiempo de espera máximo de la primera actividad (5 meses) es mayor que el de la segunda actividad (7.45 días).

- El tiempo promedio de la primera actividad (14.38 horas) es menor que el de la segunda actividad (3,31 días).

Este último resultado se debe a la cantidad de veces que se ejecutan estas actividades en el registro de eventos. La actividad autorizar_despacho se ejecuta un total de 1128 veces mientras que la actividad modificar_pedido_bq solamente unas 15 veces. Cuando se calcula el tiempo promedio a estas actividades la cantidad de ejecuciones es un factor determinante en el resultado final. Un ejemplo de esto es cuando se tiene un caso que tiene pocas ejecuciones y un tiempo de espera máximo elevado respecto al tiempo mínimo como en la actividad modificar_pedido_bq. A partir de los análisis realizados permitió identificar que existen funcionalidades que no se ejecutan en el sistema, por lo que podrían no ser necesarias o se están ejecutando erróneamente los flujos del negocio, permitió detectar tiempos de excesiva demora al realizarse operaciones como autorizar despacho, considerándose un cuello de botella, lo que podría provocar ineficiencias en el trabajo administrativo y repercutiría contra una buena atención a pacientes.

VI. CONCLUSIONES

Las técnicas de minería de proceso se han convertido en una herramienta útil para el análisis de los procesos administrativos y asistenciales en Sistemas de Información Hospitalaria. Sus técnicas permiten detectar fraudes, malas prácticas, ineficiencias y riesgos en el proceso ejecutado. Las fuentes de datos obtenidas a partir de información de pacientes y de los propios procesos administrativos, son propicias para la aplicación de la minería de proceso y las organizaciones de salud pueden beneficiarse considerablemente de la aplicación de esta tecnología.

El modelo para aplicarle técnicas de minería de proceso al proceso Solicitar Producto del módulo Almacén del Sistema de Información Hospitalaria del CESIM es altamente referenciado por expertos de la materia, lo que implica un factor clave a tener en cuenta para el desarrollo de herramientas personalizadas en el área de salud. El caso expuesto demuestra la efectividad y la utilidad de esta tecnología para comprobar la ejecución de los distintos procesos almacenados en las fuentes de datos.

Tras un análisis de los modelos obtenidos puede concluirse existen actividades inconclusas en su definición, siendo estas reducidas, con motivo de eliminar datos incompletos e incongruencias, para facilitar un mejor análisis en etapas posteriores.

Este log almacena información temporal de las actividades, como fecha de inicio, fecha de fin y duración de las mismas. Entre las operaciones que podrían realizarse con esta información están calcular la duración media y el tiempo total de las actividades, así como la desviación típica, al no realizarse estas operaciones sobre la información que se encuentra en el log de eventos, vinculada al proceso solicitar

producto, se imposibilita agregar tiempo de espera estimado en la ocurrencia de las actividades, como la que transcurre desde el inicio hasta el fin de una solicitud y entre solicitudes de productos.

REFERENCIAS

- [1] A. Orellana & A. J. Reyes. Vista de análisis usando la técnica de Agrupamiento para el Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud. Memorias Convención Internacional de Salud Pública. Cuba Salud 2012.
- [2] ProM. (n.d.). Extraído el 17 de noviembre de 2012 desde <http://www.promtools.org/prom6/>
- [3] P. Homayounfar. Process mining challenges in hospital information systems. Trabajo presentado en la Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems, Wroclaw, Poland, 2012, p. 1135–1140.
- [4] S. Gupta. Workflow and Process Mining in Healthcare. Tesis de Maestría. Department of Mathematics and Computer Science, Eindhoven University of Technology, The Netherlands. 2007.
- [5] D. Grigori, F., Casati, & M. Castellanos. et al. Computers in Industry. Process / Workflow Mining. Vol. 53, 2004, p. 321-343.
- [6] R. Seguel. Process Mining. 2008. Extraído el 14 de enero de 2013 desde <http://www.bpm-latam.org/>
- [7] R. Agrawal., D. Gunopulos., & F. Leymann. Mining Process Models from Workflow Logs, Sixth International Conference on Extending Database Technology, 1998, p. 469-483.
- [8] J.E. Cook, & A.L. Wolf. Software process validation: Quantitatively measuring the correspondence of a process to a model, ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 1998, p. 147-176.
- [9] W.M.P. van der Aalst. Process Mining. Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. London New York: Springer. 2011.
- [10] A. Rozinat. & W.M.P. van der Aalst. Conformance testing: Measuring the fit and appropriateness of event logs and process models. Business Process Management Workshops, 2006, p. 163-176.
- [11] M.A. Mallar. La gestión por procesos: un enfoque de gestión eficiente: Visión de futuro, 13(1). 2010.
- [12] G. Vossen. The process mining manifesto - An interview with Wil van der Aalst., Inf. Syst., vol. 37, no 3, 2012, p. 288-290.
- [13] H.M.W. Verbeek. ProM 6 Tutorial. ProM. (n.d.). Extraído el 25 de abril de 2014 desde <http://www.promtool.org/prom6>
- [14] W.M.P. van der Aalst., A. Adriansyah., A.K.A. Medeiros. et al. Process Mining Manifesto. IEEE. 2011.
- [15] R. Yzquierdo. 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.
- [16] A. Adriansyah & J.C.A.M. Buijs. Mining Process Performance from Event Logs The BPI Challenge 2012 Case Study. Eindhoven University of Technology, Netherlands. 2012.