

# GUÍA PARA GESTIONAR PROCESOS DE NEGOCIO A TRAVÉS DE MINERÍA DE PROCESOS A GUIDE TO MANAGE BUSINESS PROCESSES THROUGH PROCESS MINING

*Michael Arias<sup>1</sup>*  
*Eric Rojas<sup>2</sup>*

## **Resumen**

El uso de los sistemas de información en las organizaciones ha aumentado con el paso del tiempo, ocasionando que la mayoría de los datos relacionados con la ejecución de los procesos de negocio sean registrados en bases de datos corporativas. A pesar del auge en la generación de información, existe la necesidad de analizar con mayor detalle lo ocurrido con los procesos de negocio en las organizaciones. Existe un área de investigación llamada “minería de procesos” mediante la cual es posible extraer conocimiento a partir del uso de los datos almacenados en *logs* de eventos de los sistemas de información organizacionales. En este trabajo se propone una serie de pasos que pueden servir como una guía útil para los responsables de gestionar procesos de negocio en una organización. Los pasos recomendados fueron desarrollados a través de un caso de estudio aplicado en un proceso de reserva de paquetes turísticos y se utilizó un *log* de eventos sintético.

**Palabras clave:** Gestión de procesos, minería de procesos, oportunidad de mejora, descubrimiento de procesos, análisis organizacional

## **Abstract**

The use of information systems in organizations has increased over time, causing that most of the data related to the execution of business processes is recorded in corporate databases. Despite the rise in the generation of information, there is a need to further analyze what happens to the business processes in the organizations. There is a research field called process mining by which it is possible to extract knowledge from the data stored in event logs of the information systems. We propose a series of steps that can serve as a useful guide for those responsible for managing business processes in any organization. Recommended steps were developed through a case study applied in a process of booking tour packages using a synthetic event log.

**Key words:** Business process management, process mining, improvement opportunities, process discovery, organizational analysis.

## **I. Introducción**

La creación y el uso de los sistemas informáticos en el nivel, ha propiciado que estas herramientas computacionales se conviertan en un recurso

---

<sup>1</sup> Profesor en la Universidad de Costa Rica, Estudiante de doctorado, Pontificia Universidad Católica de Chile, correo electrónico: m.arias@uc.cl

<sup>2</sup> Profesor en la Universidad de Costa Rica, Estudiante de doctorado, Pontificia Universidad Católica de Chile, correo electrónico: eric.rojas@uc.cl

indispensable dentro de cualquier organización. Por ejemplo, los sistemas ERP como SAP tienen la posibilidad de integrar la información relacionada con distintas áreas funcionales de las organizaciones, al registrar las transacciones llevadas a cabo. Por otro lado, los sistemas CRM se encargan de registrar la información producto de la interacción con clientes y que sirven también para apoyar generación de estrategias de negocio.

Al igual que los sistemas ERP y CRM, existen otros sistemas de información que se pueden agrupar dentro de la categoría de *Process-Aware Information Systems* (PAIS) (Dumas *et al.*, 2005). Los PAIS son un tipo de sistemas que permiten almacenar datos por medio de los “registros de eventos” (*logs* de eventos) de los procesos soportados.

Las organizaciones, en general, tratan día con día de revisar la manera cómo están operando y analizan la forma de mejorar sus procesos. *Business Process Management* (BPM) fue creada para apoyar a las organizaciones que deseen gestionar de una manera más eficiente sus procesos de negocio. Según Van der Aalst *et al.* (2003), la administración de procesos de negocio incluye métodos, técnicas y herramientas creadas para apoyar el diseño, la mejora, la gestión y el análisis de los procesos de negocio operacionales, porque un reto de las organizaciones hoy es poder aprovechar la información histórica guardada en los *logs* de eventos de los sistemas, con el objetivo de realizar mejoras a sus procesos.

La minería de procesos (*process mining*) ha surgido como una disciplina que apoya las organizaciones en pos de enfrentar el desafío de gestionar mejor sus procesos, permite realizar el descubrimiento de procesos, verificar conformidad de los mismos con respecto a un modelo ideal, y proponer mejoras para los procesos de negocio. Además, la minería de procesos se enfoca en extraer conocimiento a partir de la información almacenada en *logs* de eventos ubicados en los sistemas de información corporativos (Van der Aalst *et al.*, 2007). Esta disciplina ha sido aplicada en varios ámbitos, por ejemplo, en el área de la salud (Rojas, 2016) y en el área de educación (Trč̃ka *et al.*, 2010), igualmente, se ha aprovechado en distintos tipos de sistemas, en sistemas legados de datos

(Perez-Castillo *et al.*, 2011), plataformas colaborativas como Sharepoint (Arias y Rojas, 2014) y sistemas para asignación de recursos a actividades en procesos de negocio (Arias *et al.*, 2015).

En este trabajo se establecen una serie de pasos recomendados para que una organización, que desee revisar sus procesos de negocio, tenga una guía de los puntos principales considerados para este tipo de análisis, además de conocer las herramientas y técnicas disponibles para hacerlo. Se muestra, a través de un caso de estudio ficticio, el valor que se puede obtener al vincular la disciplina de la administración de procesos de negocio con las técnicas y herramientas de minería de procesos. A partir de los resultados obtenidos, producto de esta combinación, es posible generar oportunidades de mejora para las organizaciones.

En la segunda sección se muestra el marco teórico, el cual incorpora los conceptos relacionados con la administración de procesos de negocio (*Business Process Management*) y minería de procesos. La tercera sección expone las principales herramientas existentes para llevar a cabo el análisis por medio de minería de procesos. En la cuarta sección se definen algunos criterios relacionados con los aportes y los desafíos al relacionar BPM con minería de procesos. La quinta sección presenta los pasos, herramientas y técnicas utilizadas mientras la sexta sección detalla un caso de estudio donde se trabaja con un *log* de eventos sintético de un proceso de reserva de paquetes turísticos, al cual se le aplican distintas técnicas para realizar el descubrimiento del proceso como tal, así como un análisis organizacional a través de minería de procesos. Finalmente, la séptima sección cierra con las conclusiones.

## **II. Marco teórico**

### **Administración de procesos de negocio**

Los procesos de negocio consisten en un conjunto de actividades ejecutadas coordinadamente para completar un objetivo de negocio (Weske, 2007). Estas actividades se encuentran incorporadas en un marco organizacional y tecnológico que permite su efectiva y completa realización. La administración de

estos procesos de negocio es crítica, ya que permite alcanzar la ejecución de los procesos productivos de la organización y brinda la posibilidad de identificar los recursos utilizados.

Weske (2007), en su libro *Administración de los Procesos de Negocio*, indica que para lograr una adecuada administración de los procesos se deben ejecutar una serie de pasos que componen un ciclo, los cuales incluyen conceptos, métodos y técnicas para soportar cada una de las etapas. Estas etapas corresponden al diseño, la administración, la configuración, la promulgación y el análisis, y se pueden ver en la figura 1.



**Figura 1.** Ciclo de vida de los procesos de negocio

Fuente: Weske (2007, p.12)

El ciclo de administración de los procesos de negocio es necesario para su correcta administración, ya que brinda, según Havey (2009), ventajas competitivas a la organización o al negocio, entre ellas las siguientes:

- formalizar procesos existentes e identificar mejoras puntuales necesarias;
- la adopción de la administración de los procesos de negocio fuerza a las organizaciones a pensar y formalizar su entendimiento de los procesos propios de negocio;
- facilitar el flujo automatizado y eficiente de procesos;
- aumenta la productividad y disminuye la cantidad de recursos, es decir permite realizar la misma cantidad de trabajo con un número menor de personas; y
- simplifica las regulaciones y los problemas de cumplimiento.

Para brindar apoyo a la administración de los procesos de negocio se han creado distintos estándares, que incluyen notaciones simbólicas para la definición de los procesos de negocio. Dentro de estos, los más importantes y utilizados por la industria son *Business Process Management Notation* (BPMN) en (White, 2004), *Yet Another Workflow Language* (YAWL) en (Ter Hofstede y Van der Aalst, 2005), Redes de Petri (Murata, 1989), *Workflow Language* (Fischer, 2003), entre otros.

### **Minería de procesos**

La minería de procesos ha surgido como una disciplina que permite analizar e identificar posibles mejoras a los procesos en las organizaciones, por medio del uso de un grupo de técnicas y herramientas. Esta disciplina posibilita el descubrimiento y el monitoreo de procesos reales, así como proponer mejoras de acuerdo a los hallazgos encontrados. Esto se logra al extraer conocimiento a partir de la información almacenada en los registros o *logs* de eventos disponibles en los sistemas de información actuales (Van der Aalst, 2012). Se considera un evento como una actividad relacionada con un caso en particular (instancia de un proceso) (Van der Aalst, 2012). Típicamente, en los *logs* de eventos se puede almacenar información correspondiente con distintas actividades que conforman el proceso como tal. Por ejemplo, entre esta información se puede tener: un número de identificador del caso, el nombre de la actividad, el ejecutor, la fecha y la hora de inicio y de finalización de la actividad.

Es posible llevar a cabo tres tipos de minería de procesos. Al primero de ellos se le conoce como descubrimiento, técnica que toma un registro de eventos y produce un modelo sin usar ninguna información *a priori*. El segundo tipo es el análisis de conformidad, en donde se compara un modelo de proceso existente con un registro de eventos del mismo proceso; al hacer esto se puede verificar si la realidad, tal como está almacenada en el registro de eventos, es semejante al modelo y viceversa. Por último, el tercer tipo de minería es el mejoramiento, en donde se plantea extender o optimizar un modelo de proceso existente utilizando la información sobre el proceso real que reside en algún registro de eventos (Van der Aalst *et al.*, 2012).

Como parte de las técnicas disponibles para realizar la minería de procesos, se cuenta con una serie de algoritmos para ejecutar los tres tipos de minería mencionados anteriormente. El algoritmo  $\alpha$  (*Alpha*) (Van der Aalst *et al.*, 2003), el algoritmo Heuristic miner (Weijters y Van der Aalst, 2003), el algoritmo Genetic (Van der Aalst, Medeiros y Weijters, 2005), o el Fuzzy Mining (Günther y Van der Aalst, 2007), son ejemplos de algoritmos que permiten realizar el descubrimiento de procesos.

Además, también existen otras técnicas enfocadas en realizar lo conocido como minería organizacional. Este tipo de minería ofrece cuatro técnicas para analizar las redes sociales que son las siguientes: *handover of work*, *subcontracting*, *working together* y *doing similar task*. Estas métricas permiten analizar, en distintos enfoques, la relación entre los ejecutores de actividades en un proceso, identificar patrones de iteración, evaluar el rol de los individuos en la organización, etc. (Van der Aalst, Reijers y Song, 2005), (Song y Van der Aalst, 2008).

Ante la necesidad de ir mejorando día con día la automatización de procesos de negocios, surge un desafío al que se enfrentan las organizaciones: el aumento en la cantidad de datos que se almacenan en los sistemas de información. Esta proliferación de datos ha dado origen al concepto de *Big Data*, el cual, definido por IDC (*International Data Corporation*), corresponde a una nueva generación de tecnologías y arquitecturas diseñadas para extraer valor a partir de una amplia variedad y grandes volúmenes de datos, lo cual permite la captura de alta velocidad, el descubrimiento o análisis (Gantz y Reinsel, 2011). El reto está en poder obtener provecho de toda esa información generada para diagnosticar problemas e identificar posibles áreas de mejora.

### **III. Herramientas**

Un encargado de gestionar los procesos de negocio en una organización tiene herramientas para realizar un análisis a través de minería de proceso. Es importante mencionar que cada herramienta tiene sus funcionalidades específicas,

por cual se debe considerar adecuadamente el objetivo final del análisis por realizar, para determinar la herramienta mejor en cada caso.

La herramienta comercial QPR Process Analyzer permite analizar procesos de negocio, incorporando dentro del análisis la arquitectura empresarial y la gestión del desempeño. QPR tiene la funcionalidad de integrar MS Excel con MS-SQL<sup>3</sup>.

Una herramienta que permite realizar el monitoreo y que tiene asociadas funciones de auditoria de procesos es CELONIS<sup>4</sup>, la cual facilita realizar un análisis de la información en diferentes niveles, con funcionalidades de inteligencia de negocios, estadísticas, manejo de los indicadores claves de desempeño, y la visualización de resultados a través de *dashboards*.

XESame es un programa creado con el objetivo de proveer la extracción de los datos de un *log* de eventos desde distintas fuentes, como las tablas en una base de datos o archivos de texto. La ventaja de XESame es que convierte un *log* de eventos en un formato llamado *eXtensible Event Stream* (XES), formato que es compatible con herramientas para hacer análisis de minería de procesos (Verbeek *et al.*, 2011). XESame se encuentra incluido a partir de la versión 6.2 de la herramienta del tipo *open source* llamada ProM.

Sobre ProM nació como un *framework* para facilitar la labor de análisis mediante minería de procesos. Con el paso de los años, ProM ha evolucionado al ofrecer una arquitectura que permite incorporar nuevas funcionalidades a los algoritmos ya existentes, en forma de *plug-ins* y colaborar con avances relacionados con la extracción de *logs* de eventos de los sistemas de información (Van der Aalst *et al.*, 2009). Estos desarrollos han mejorado la capacidad para realizar análisis de minería de procesos y es considerada como la mejor herramienta en este dominio, actualmente (Claes y Poels, 2013); la versión 6.5 es la más reciente.

Una quinta herramienta es la opción comercial DISCO<sup>5</sup>. DISCO ofrece una interfaz bastante amigable para el usuario y presenta funcionalidades para realizar

---

<sup>3</sup> Para más información sobre esta herramienta se puede visitar el sitio web [www.qpr.com](http://www.qpr.com).

<sup>4</sup> Accesible desde: [www.celonis.de/en/](http://www.celonis.de/en/)

<sup>5</sup> Accesible desde: <https://fluxicon.com/>

filtros, obtener estadísticas e información relacionada con los casos y las variantes, así como visualizar resultados, lo que posibilita realizar un análisis de minería de procesos bastante completo. Además, se considera como una herramienta bastante fácil de usar. Para el desarrollo del caso de estudio de este estudio, se han seleccionado las herramientas DISCO y ProM (versión 5.2 y 6.5).

#### **IV. Aportes y desafíos del BPM y la minería de procesos**

Usar la minería de procesos para analizar procesos se puede considerar como un instrumento importante que puede colaborar con las organizaciones, sobre todo al tomar en cuenta los constantes cambios en los negocios, los cuales repercuten en las operaciones y los procesos relacionados.

La administración de procesos de negocios permite la identificación de mejoras necesarias para optimizar los procesos existentes en una organización. El enfoque de BPM se caracteriza usualmente por iniciar diseñando un proceso en un alto nivel. Una vez que se obtiene el modelo, se opta por pasar a tener la tecnología que permita manejar y controlar el proceso. Por medio de la tecnología, se determina la coordinación del trabajo que involucra a las personas y los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso. Por otro lado, la minería de procesos no necesita tener un modelo de proceso definido *a priori*. Esta disciplina se basa en los datos históricos almacenados en los sistemas de información, a partir de los cuales se puede obtener el modelo del proceso que realmente se está ejecutando. Con este descubrimiento del modelo del proceso, es posible recopilar información relevante que permitirá plantear mejoras a los procesos actuales.

La minería de procesos es vista como el “enlace perdido” entre el enfoque tradicional de *data mining* y el *model-driven* de BPM (Van der Aalst *et al.*, 2012). Su mayor aporte podría obtenerse en etapas de diagnóstico y ejecución de procesos, mientras que la administración puede beneficiarse de este apoyo para rediseñar y ajustar los procesos.

A continuación, se resumen los principales factores de valor (cuadro 1), y desafíos (cuadro 2), que tienen estas dos áreas.



<b>Factor de valor</b>	
BPM	Permite modelar procesos.
	Automatización de procesos.
	Optimizar eficiencia organizacional a través de la gestión de procesos.
Minería de procesos	Descubrimiento de procesos.
	Verificación de la conformidad.
	Implementar distintos análisis como, por ejemplo, la perspectiva organizacional y la de desempeño.
	Proponer mejoras a los procesos.
<b>Cuadro 1.</b> Factores de valor	
Fuente: elaboración propia.	

<b>Desafío</b>	
BPM	Alineamiento de los procesos con las estrategias del negocio
	Interrelacionar recursos tecnológicos.
	Capacidad de respuesta al cambio.
	Contar con indicadores de desempeño adecuados.
Minería de procesos	Características propias de cada proceso.
	Disponibilidad y calidad de los datos.
	Combinación de análisis entre perspectivas y otros contextos.
	Construcción de un <i>log</i> de eventos correcto.
	Ofrecer mejores opciones de visualización de resultados.

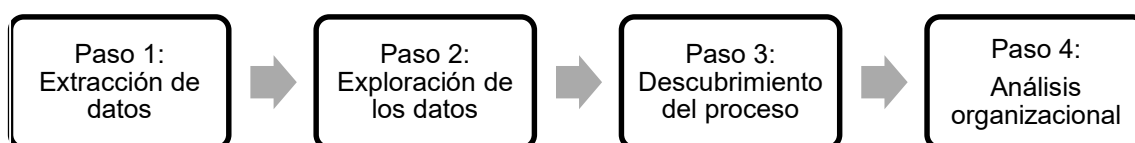
**Cuadro 2.** Principales desafíos

Fuente: elaboración propia.

Realizar una apropiada combinación de estas dos disciplinas podría permitir una correcta y adecuada gestión de procesos de negocio, desde una perspectiva en el más alto nivel, como lo ofrece BPM, hasta un nivel más detallado, como el que brinda la minería de procesos.

## V. Guía para gestionar procesos a través de *process mining*

En la presente investigación se establecen cuatro pasos principales en los cuales se utilizaron uso de dos herramientas y un total de siete técnicas de minería de procesos. La ejecución de estos pasos permite obtener resultados generadores de un aporte de valor para las personas encargadas de la administración de procesos de negocios en una organización, quienes desean analizar sus procesos en busca de oportunidades de mejora. En la figura 2 se indican estos cuatro pasos recomendados para gestionar un proceso mediante la disciplina del *process mining*, los cuales son explicados con mayor detalle en el cuadro 3. Los cuadros 4 y 5 muestran una reseña y el aporte que puede proveer al negocio cada una las herramientas y técnicas utilizadas para ejecutar el caso de estudio de la sección VI.



**Figura 2.** Pasos requeridos para aplicar minería de procesos

Fuente: Elaboración propia

Paso	Descripción	Aporte
<b>Paso 1.</b> Realizar la extracción de los datos desde una fuente de información.	Extraer los datos de los sistemas de información con el objetivo de construir un <i>log</i> de eventos que permite hacer el análisis deseado.	Identificar fuentes de información Extracción y transformación de datos Consolidación de datos en un <i>log</i> .
<b>Paso 2.</b> Realizar la importación y el análisis exploratorio de los datos.	Los datos se cargan en la herramienta DISCO para realizar un análisis exploratorio de sus principales características.	Obtener un diagnóstico general. Caracterizar el proceso. Revisar estadísticas del proceso. Información base del desempeño del proceso. Aplicación de filtros específicos para análisis.
<b>Paso 3.</b> Realizar el	Descubrir el modelo del proceso de negocio mediante la	Identificar modelos de proceso con sus actividades y flujos respectivos.

descubrimiento del proceso con la herramienta ProM.	herramienta ProM.	Utilizar distintos algoritmos de descubrimiento ( <i>Heuristic Miner</i> , <i>Genetic Miner</i> y <i>Fuzzy Miner</i> ).
<b>Paso 4.</b> Realizar el análisis organizacional del proceso mediante la herramienta ProM	Aplicar las métricas asociadas con la perspectiva organizacional en ProM.	Descubrir relaciones de interacción entre los recursos ejecutores de actividades del proceso. Uso de métricas para análisis ( <i>Handover of work</i> , <i>Doing similar tasks</i> , <i>Working together</i> y <i>Subcontracting</i> ).

**Cuadro 3.** Pasos realizados para ejecutar el análisis

Fuente: elaboración propia.

Herramienta	Descripción	Aporte
DISCO	Herramienta para realizar minería de procesos	Obtener modelos de proceso. Generar estadísticas y permitir la exploración de casos y variantes Funcionalidades para ejecutar análisis considerando filtros e información del desempeño. Permite mejor control sobre los procesos Importación y exportación de datos.
ProM	Framework que soporta gran cantidad de técnicas de minería de procesos	Gran cantidad de técnicas ( <i>plug-ins</i> ) especializadas para análisis específicos Herramienta escalable a nuevas funcionalidades que se pueden agregar.

**Cuadro 4.** Herramientas de minería de procesos utilizadas

Fuente: elaboración propia.

Técnica	Descripción	Aporte
<i>Heuristic Miner</i>	Algoritmo de descubrimiento de procesos	Permite generar un modelo de proceso bastante completo y capaz de ser convertido a otros tipos de modelos para un análisis más detallado.

---

<i>Genetic Miner</i>	Algoritmo de descubrimiento de procesos	Realiza el descubrimiento de modelos de procesos mediante el uso de técnicas de algoritmos genéticos. Genera modelos completos.
<i>Fuzzy Miner</i>	Algoritmo de descubrimiento de procesos	Enfocado al descubrimiento de modelos de procesos a partir de una gran cantidad de datos no estructurados y complejos. Ofrece la opción de generar <i>clústeres</i> de actividades.
<i>Handover of work</i>	Métrica de la perspectiva organizacional	Identifica la delegación de trabajo a nivel de recursos en una organización.
<i>Doing similar task</i>	Métrica de la perspectiva organizacional	Descubre los recursos que ejecutan tareas similares en un proceso, al identificar roles.
<i>Working together</i>	Métrica de la perspectiva organizacional	Permite identificar grupos o turnos de trabajo presentes en el proceso.
<i>Subcontracting</i>	Métrica de la perspectiva organizacional	Muestra la interacción entre los recursos que le delegan trabajo a otro recurso y luego vuelven a recibir el trabajo nuevamente.

---

**Cuadro 5.** Técnicas utilizadas

Fuente: elaboración propia

## VI. Caso de estudio

### *Descripción del proceso*

Para llevar a cabo el caso de estudio, se ha elegido un proceso que está relacionado con la reservación de paquetes turísticos. Este proceso se inicia con la solicitud de un cliente a una agencia de viajes con ciertos requerimientos, la cual es recibida por un encargado de operadores, quien se encarga de asignar cada solicitud a un operador. Al recibir una solicitud de una cotización de un cliente, el operador debe iniciar la búsqueda y preparación de la cotización;

cuando la cotización está lista, se envía al cliente por parte del operador. El cliente la recibe, la revisa y responde si está satisfecho, en caso de estarlo, le confirma su interés al operador, quien entonces envía una factura proforma con la respectiva autorización para procesar el cobro por medio de una tarjeta de crédito y el cliente devuelve la documentación respectiva para realizar el pago. En caso de no poderse aplicar el pago correspondiente, se le comunica al cliente esta situación y se le solicitan nueva información de pago. Una vez que el pago se realiza, el operador confirma la reserva correspondiente y le envía la respuesta afirmativa al cliente. Puede ser que la cotización brindada no cumpla con las expectativas, por lo que el cliente puede solicitar una o más cotizaciones hasta que logre recibir una que satisfaga sus requerimientos o desista de continuar solicitando más información y no se concrete ninguna compra. En caso de no haber una cotización se le comunica al cliente que no se dispone de momento con un paquete de acuerdo con la solicitud planteada.

Como se mencionó, el proceso se inicia en el momento en que el cliente envía una solicitud de un paquete turístico a una agencia de viajes. Para finalizar, el proceso tendrá tres rutas posibles, a saber: se concreta la compra de un paquete turístico por parte del cliente, la agencia no tiene paquetes para ofrecer al cliente según los requerimientos solicitados o no se concreta la compra de un paquete ofrecido al cliente.

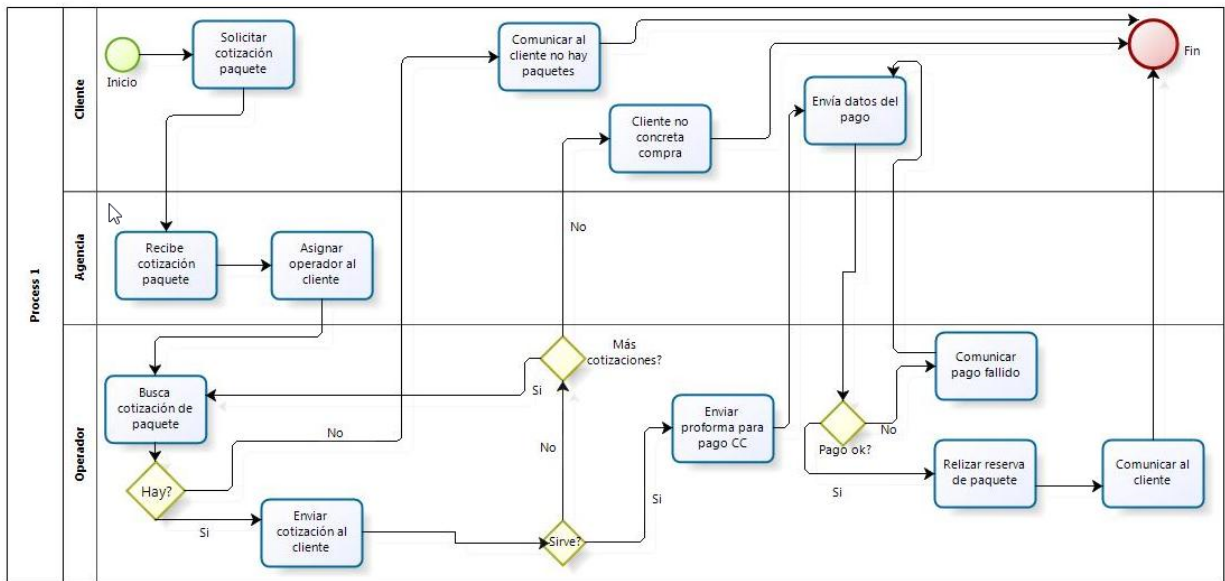
Dentro del proceso se establecen los siguientes roles de las personas involucradas en el mismo.

- Cliente: Es aquel que solicita la cotización de los servicios a la agencia de viajes.
- Agencia: Es la jefatura que recibe la solicitud por parte de un determinado cliente o grupo de clientes.
- Operador: Corresponde a una persona designada por la agencia quien es el encargado de brindar la atención al cliente.

Para efectos del caso de estudio, se asume que normalmente se procesan al menos 20 solicitudes al mes, las cuales terminan en compras completadas correctamente, abandono por parte del cliente, compra no concretada y la no

disponibilidad de paquetes. Cada compra concretada se demora desde 1 hasta 5 días máximo. La ventana de tiempo de análisis de datos incluye información febrero del 2012 al mes de marzo del 2013.

En la figura 3 se presenta el modelo BPMN para el proceso de reserva de paquetes turísticos recién descrito.



**Figura 3.** Modelo BPMN del proceso

Fuente: elaboración propia.

### *Análisis del proceso a través de las herramientas de minería de procesos*

Se determinó utilizar dos herramientas de minería de procesos para realizar el análisis del proceso de reserva de paquetes turísticos. En primer lugar, se utiliza la herramienta DISCO para hacer un análisis general del proceso. Luego, se recurre a ProM para aplicar algunas de las técnicas de minería de procesos relacionadas con el descubrimiento y el análisis organizacional. A continuación, se muestra el detalle de los pasos ejecutados para el análisis del proceso.

**Paso 1.** Realizar la extracción de los datos desde una fuente de información (archivo de MS Excel).

La figura 4 muestra un fragmento del *log* de eventos sintético utilizado. Este *log* de eventos posee algunos aspectos básicos:

- Identificador para cada caso, compuesto por uno o varios eventos.
- Nombre respectivo, un *timestamp* y un recurso ejecutor.
- Cada actividad o línea en el *log* con su información se refiere a un evento.

2	Buscar Cotización Paquete	Complete	01/14/2013 09:50:00 a	Operador Julia
2	Enviar Cotización Paquete a Cliente	Complete	01/14/2013 09:50:00 a	Operador Julia
2	Rechaza cotización y solicita otra	Complete	01/14/2013 10:30:00 a	Cliente Carlos
2	Buscar Cotización Paquete	Complete	01/14/2013 10:45:00 a	Operador Julia
2	Enviar Cotización Paquete a Cliente	Complete	01/14/2013 10:45:00 a	Operador Julia
2	Confirmación de Cotización	Complete	01/14/2013 11:10:00 a	Cliente Carlos
2	Enviar Proforma para pago Tarjeta de Crédito	Complete	01/14/2013 11:10:00 a	Operador Julia
2	Enviar Datos de Pago Tarjeta de Crédito	Complete	01/14/2013 11:40:00 a	Cliente Carlos
2	Confirmación de Pago	Complete	01/14/2013 11:55:00	Operador Julia
2	Realizar Reserva de Paquete	Complete	01/14/2013 11:55:00	Operador Julia
2	Comunicar Cliente Información de Reserva	Complete	01/14/2013 11:55:00	Operador Julia
3	Solicita Cotización	Complete	01/12/2013 03:30:00 p	Cliente Eric
3	Recibe Solicitud Cotización	Complete	01/12/2013 03:45:00 p	Agencia Jefe Operadores María
3	Asigna Solicitud Cotización a Operador	Complete	01/12/2013 03:45:00 p	Agencia Jefe Operadores María
3	Buscar Cotización Paquete	Complete	01/12/2013 04:00:00 p	Operador Miguel
3	Enviar Cotización Paquete a Cliente	Complete	01/12/2013 04:00:00 p	Operador Miguel
3	Rechaza cotización y solicita otra	Complete	01/12/2013 07:00:00 p	Cliente Eric
3	Buscar Cotización Paquete	Complete	01/12/2013 08:00:00 p	Operador Miguel
3	Enviar Cotización Paquete a Cliente	Complete	01/12/2013 08:00:00 p	Operador Miguel
3	Rechaza cotización y solicita otra	Complete	01/12/2013 08:00:00 p	Cliente Eric
3	Buscar Cotización Paquete	Complete	01/12/2013 08:00:00 p	Operador Miguel
3	Enviar Cotización Paquete a Cliente	Complete	01/12/2013 09:00:00 p	Operador Miguel
3	Confirmación de Cotización	Complete	01/13/2013 08:00:00 a	Cliente Eric
3	Enviar Proforma para pago Tarjeta de Crédito	Complete	01/13/2013 09:00:00 a	Operador Miguel
3	Enviar Datos de Pago Tarjeta de Crédito	Complete	01/13/2013 10:00:00 a	Cliente Eric
3	Confirmación de Pago	Complete	01/13/2013 10:30:00 a	Operador Miguel
3	Realizar Reserva de Paquete	Complete	01/13/2013 10:40:00 a	Operador Miguel
3	Comunicar Cliente Información de Reserva	Complete	01/13/2013 10:55:00 a	Operador Miguel
4	Solicita Cotización	Complete	01/14/2013 09:00:00 a	Cliente Mario
4	Recibe Solicitud Cotización	Complete	01/14/2013 09:20:00 a	Agencia Jefe Operadores María
4	Asigna Solicitud Cotización a Operador	Complete	01/14/2013 09:40:00 a	Agencia Jefe Operadores María
4	Buscar Cotización Paquete	Complete	01/14/2013 11:00:00 a	Operador Luisa
4	Enviar Cotización Paquete a Cliente	Complete	01/14/2013 12:00:00 p	Operador Luisa
4	No muestra interés ni solicita mayor información	Complete	01/16/2013 10:00:00 a	Cliente Mario
5	Solicita Cotización	Complete	01/15/2013 11:00:00 a	Cliente Flor
5	Recibe Solicitud Cotización	Complete	01/15/2013 11:02:00 a	Agencia Jefe Operadores María
5	Asigna Solicitud Cotización a Operador	Complete	01/15/2013 11:10:00 a	Agencia Jefe Operadores María

**Figura 4.** Fragmento del log de eventos






















Fuente: elaboración propia.

## **Paso 2.** Realizar la importación y el análisis exploratorio de los datos

Por medio de esta herramienta es posible obtener información acerca del proceso, sus casos respectivos y las posibles variaciones que puede tener el proceso. La figura 5 muestra el detalle del listado de variaciones, generado a partir del *log* de eventos de la figura 4. Se obtiene como resultado que el proceso tiene 10 tipos de casos, cada uno correspondiente a una variante distinta del proceso. Una variante de proceso se refiere a cada una de las distintas alternativas para ejecutar un proceso, donde se incluye un mayor o menor número de actividades, al partir de una actividad inicial hasta una actividad final.

Además del detalle de las variantes, se puede obtener un resumen de las características del *log* de eventos (figura 6), en donde aparece información del

número de eventos, número de casos, la cantidad de actividades, la mediana de duración de todos los casos, el promedio de todos los casos, la información de inicio del primer evento y la información del fin del último evento.

Variants (10)	Cases (10)
 Complete log All cases (10)	 1 10 events
 Variant 1 1 case (10%)	 2 14 events
 Variant 2 1 case (10%)	 3 17 events
 Variant 3 1 case (10%)	 4 6 events
 Variant 4 1 case (10%)	 5 14 events
 Variant 5 1 case (10%)	 6 5 events
 Variant 6 1 case (10%)	 7 9 events
 Variant 7 1 case (10%)	 8 16 events
 Variant 8 1 case (10%)	 9 17 events
 Variant 9 1 case (10%)	 10 7 events
 Variant 10 1 case (10%)	

**Figura 5.** Variantes y casos del proceso

Fuente: elaboración propia.

Events	115
Cases	10
Activities	17
Median case duration	31.5 hrs
Mean case duration	35 hrs
Start	25.02.2012 09:00:00
End	04.03.2013 15:35:00

**Figura 6.** Datos generales del proceso

Fuente: elaboración propia.



Con respecto a las actividades involucradas en el proceso, se puede obtener detalle de la información, como por ejemplo la frecuencia en la que se ejecuta cada una de ellas (figura 7). Esto es significativo para identificar cuáles son las actividades que podrían ameritar un mayor análisis. Además, es posible identificar cuáles son las actividades de inicio o de fin del proceso en todos los casos. En el *log* utilizado, las actividades de inicio son: “Recibe Solicitud Cotización” y “Solicita Cotización”, mientras que las finales son “Buscar Cotización Paquete”, “Enviar Proforma para Pago Tarjeta Crédito”, “Comunicar Cliente información de reserva”, “No muestra interés ni solicita mayor información” y “Comunicar Cliente que no hay cotizaciones”.

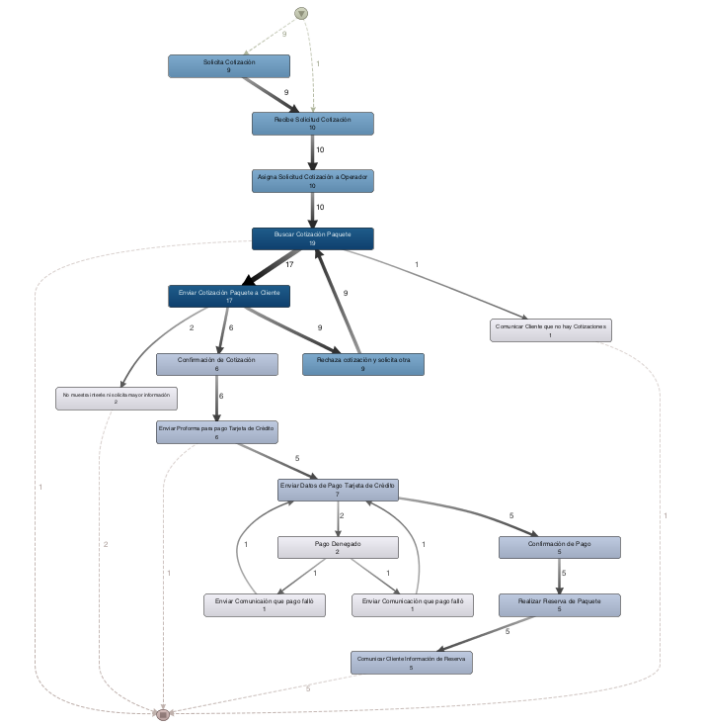
Activity	▲ Frequency
Buscar Cotización Paquete	19
Enviar Cotización Paquete a Cliente	17
Recibe Solicitud Cotización	10
Asigna Solicitud Cotización a Operador	10
Solicita Cotización	9
Rechaza cotización y solicita otra	9
Enviar Datos de Pago Tarjeta de Crédito	7
Confirmación de Cotización	6
Enviar Proforma para pago Tarjeta de...	6
Confirmación de Pago	5
Realizar Reserva de Paquete	5
Comunicar Cliente Información de Res...	5
No muestra interés ni solicita mayor inf...	2
Pago Denegado	2
Enviar Comunicación que pago falló	1
Comunicar Cliente que no hay Cotizaci...	1
Enviar Comunicaión que pago falló	1

**Figura 7.** Listado de actividades

Fuente: elaboración propia.

Obtener el diagrama del modelo de proceso es una de las funcionalidades importantes que brinda DISCO. Para el caso de estudio de la reserva se paquetes turísticos se obtiene el modelo mostrado en la figura 8. En ese modelo se pueden observar las actividades presentes en todos los casos del proceso de negocio, no solo al identificar la secuencia en que son ejecutadas, sino también al determinar cuáles son las de mayor ejecución, con cuáles se inicia el proceso y con cuáles se finaliza.

Con DISCO es posible también realizar la identificación de los recursos involucrados en el proceso y que están asociados a cada una de las actividades previamente identificadas. La lista de los recursos que participan en el proceso de reserva de paquetes turísticos se muestra en la figura 9. Finalmente, es relevante mencionar que a pesar de que no fue utilizada en este ejemplo, DISCO ofrece la funcionalidad de poder ejecutar distintos filtros a la información contenida en el *log* de eventos, lo cual se convierte en una característica muy útil para un analista de procesos.



**Figura 8.** Modelo del proceso  
 Fuente: elaboración propia.

Resource	▲ Frequency
Agencia Jefe Operadores Maria	20
Operador Miguel	10
Operador Natalia	10
Operador Soledad	9
Operador Julia	8
Operador Julio	8
Operador Luis	6
Cliente Eric	5
Cliente Esteban	5
Cliente Nancy	5
Cliente Carlos	4
Cliente Flor	4
Operador Laura	4
Cliente Patricia	3
Operador Horacio	3
Cliente Juan	2
Cliente Mario	2
Operador Luisa	2
Operador Eduardo	2
Cliente Isabel	2
Cliente Ana	1

**Figura 9.** Recursos participantes en el proceso

Fuente: elaboración propia.

**Paso 3.** Realizar el descubrimiento del proceso con la herramienta ProM.

Luego de haber realizado el diagnóstico inicial explicado en el paso 2, se utilizó la exportación de datos ofrecida por DISCO. Esta función permite exportar el *log* de eventos en cuatro formatos distintos, entre ellos el formato MXML (compatible con ProM 5.2) y XES (compatible con ProM 6 y superiores).

Para este caso de estudio se decidió extender el análisis al considerar los siguientes puntos:

- Descubrimiento del proceso: se utilizan tres algoritmos de descubrimiento: el *Heuristic Miner*, el *Genetic Miner* y el *Fuzzy Miner*.
- Análisis organizacional: se aplican las métricas: *Handover of work*, *Doing similar task*, *Working together* y *Subcontracting*.

#### *Descubrimiento con Heuristic Miner*

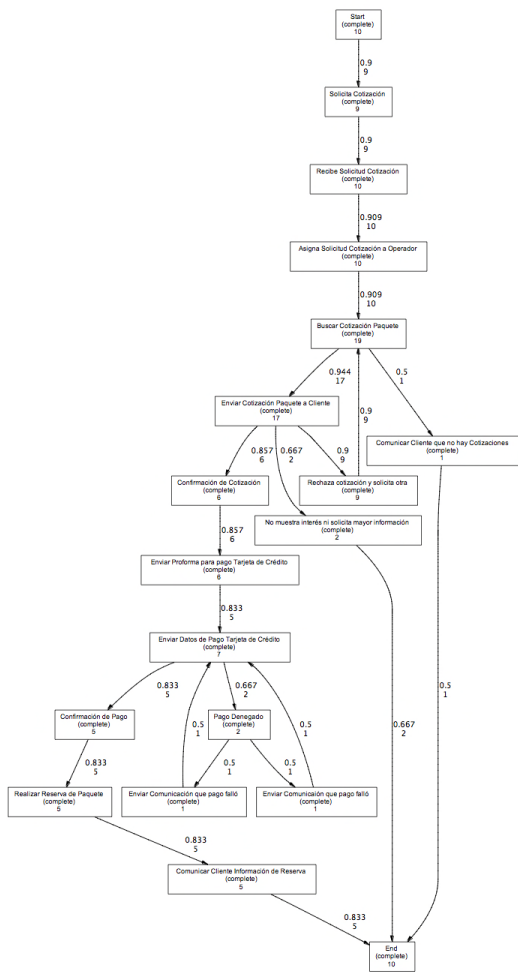
Para realizar el descubrimiento a través del algoritmo *Heuristic Miner*, es necesario establecer los parámetros por utilizar. Para el caso de estudio, se utilizan los parámetros por defecto que presenta el algoritmo. Al ejecutar el algoritmo, este procesa el *log* de eventos y muestra el modelo de proceso descubierto. El modelo obtenido del proceso aparece en la figura 10.

### *Descubrimiento con Genetic Miner*

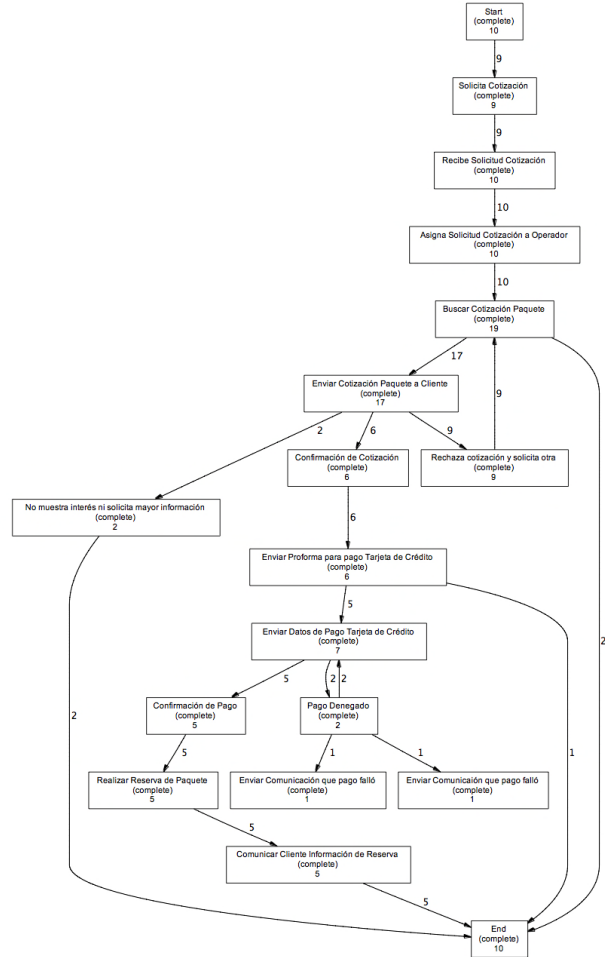
El segundo algoritmo de descubrimiento utilizado es el *Genetic Miner*, caracterizado por generar un modelo de proceso muy completo pero con la desventaja de que podría consumir muchos recursos computacionales al ejecutarse. Al igual que con la ejecución del *Heuristic Miner*, se utilizaron los parámetros por defecto del algoritmo. Sí es necesario mencionar que varios de los parámetros asociados con este algoritmo están relacionados con los algoritmos de genéticos de inteligencia artificial, como por ejemplo el que corresponde al tamaño de la población, el número de generaciones, el grado de elitismo y mutación, entre otros. Una vez configurados los parámetros (según el criterio experto), se obtiene el modelo del proceso visible en la figura 11.

### *Descubrimiento con Fuzzy Miner*

El tercer análisis de descubrimiento realizado se obtuvo a través del algoritmo *Fuzzy Miner* cuya principal funcionalidad está relacionada con la agrupación de las actividades y la generación de múltiples modelos de acuerdo con estas agrupaciones. De igual forma que en los dos casos anteriores, se utilizaron los parámetros por defecto para obtener el modelo de proceso descrito en la figura 12. Se puede apreciar que se generan dos agrupaciones de actividades, lo cual es configurable en los parámetros, lo cual permite múltiples modelos del mismo proceso, según sea la necesidad.



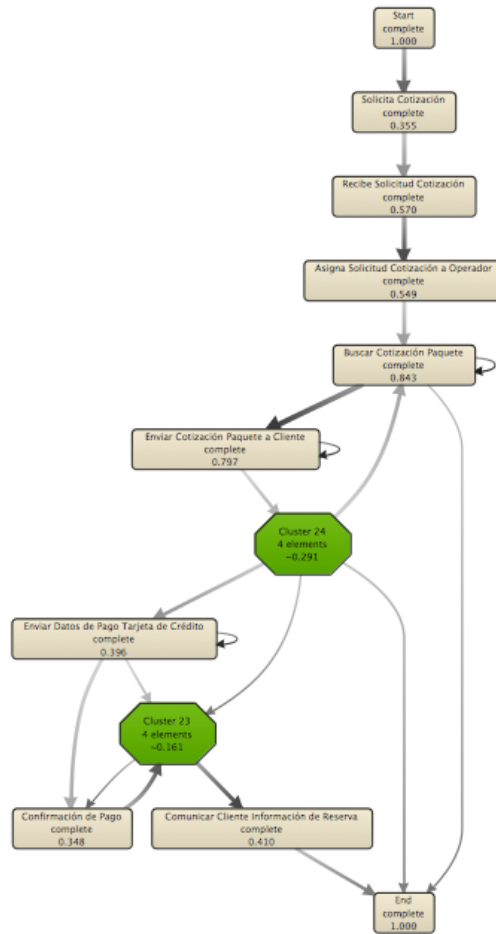
**Figura 10.** Modelo de proceso descubierto por el *Heuristic Miner*  
Fuente: elaboración propia.



**Figura 11.** Modelo de proceso descubierto por el *Genetic Miner*  
Fuente: elaboración propia.

**Paso 4.** Realizar el análisis organizacional del proceso con la herramienta ProM.

La perspectiva organizacional de minería de procesos se enfoca en analizar la información correspondiente a los recursos presentes en la ejecución del proceso (pueden ser sistemas, personas, unidades organizacionales o roles). Su principal objetivo es determinar la forma cómo interactúan entre ellos. En el caso de estudio realizado, se aplicaron cuatro métricas ofrecidos por esta perspectiva.

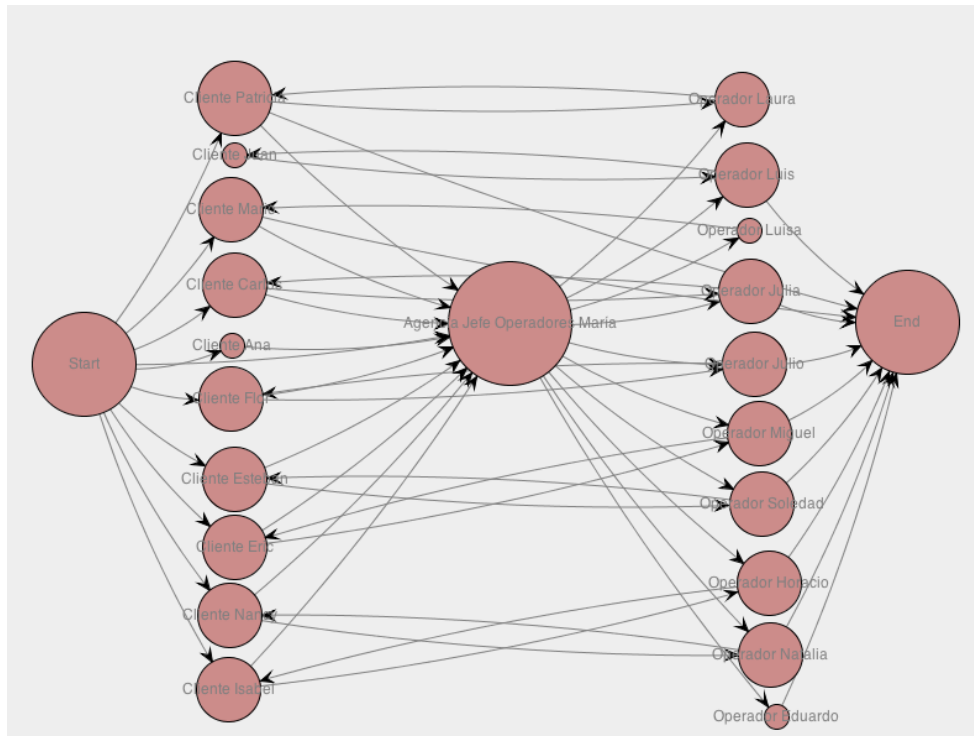


**Figura 12.** Modelo de proceso descubierto por el *Fuzzy Miner*

Fuente: elaboración propia.

### *Métrica Handover of work*

Con esta métrica se obtuvo la relación sobre quién delega trabajo a quién. En la figura 13 se muestran las relaciones obtenidas del proceso de reserva de paquetes turísticos. Se observa que existe una alta interacción entre los clientes que solicitan paquetes a la jefatura de la agencia de viajes y esta, a su vez, delega trabajo en los respectivos operadores. Es posible identificar clientes que interactúan poco con la agencia, como es el caso de Juan y Ana, así como operadores a los que se les delega menos trabajo, como el caso de Luisa y Eduardo.



**Figura 13.** Diagrama generado por la métrica *Handover of work*

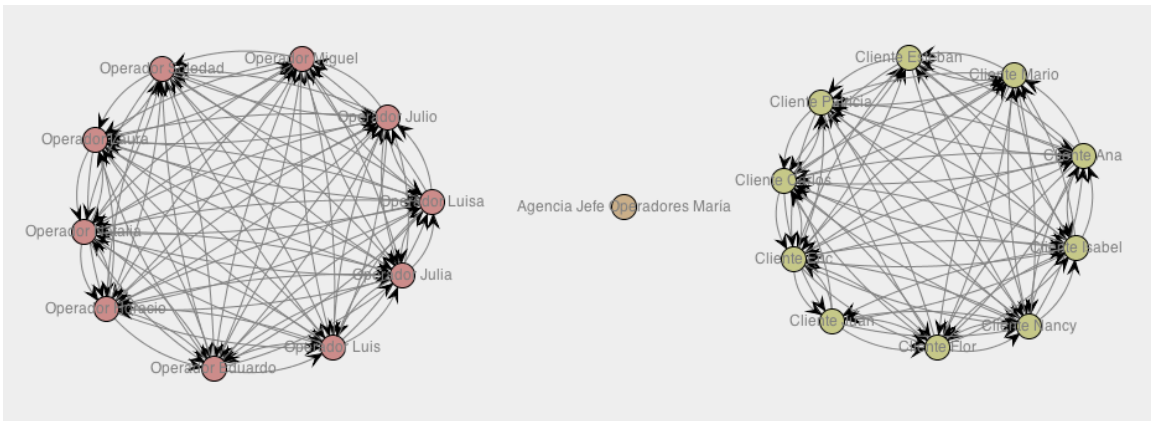
Fuente: elaboración propia.

### *Métrica Doing similar tasks*

Esta métrica descubre los equipos de personas que realizan tareas similares. En el proceso de reserva de paquetes turísticos se identifican tres roles participantes en el proceso, a saber: rol de operadores, rol de jefatura y rol de clientes. En la figura 14 se muestran los tres roles identificados.

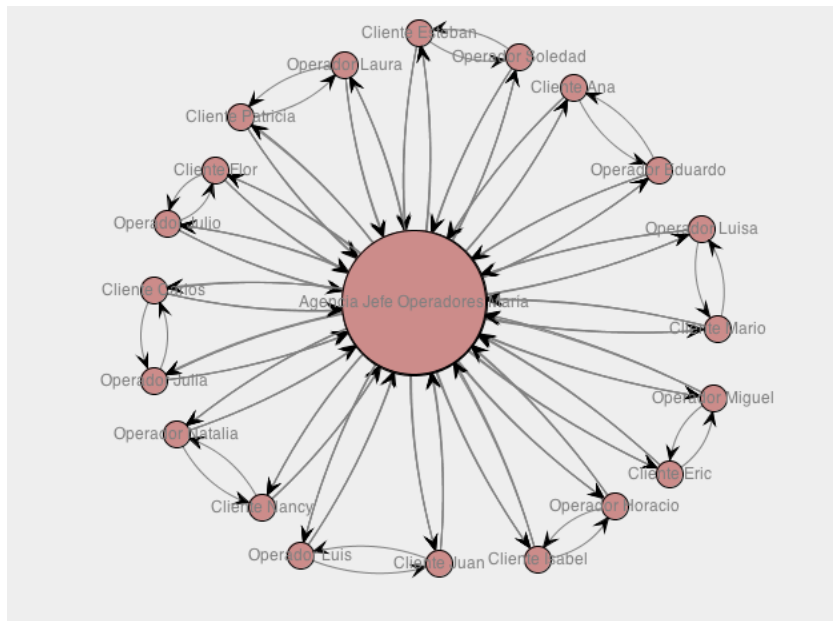
### *Métrica Working together*

La métrica *Working together* permite identificar los equipos o turnos de trabajo presentes en un proceso. En el proceso de reserva de paquetes turísticos se identifican un gran grupo de trabajo, donde se aprecia la relación operador-cliente y cada asociación entre ellos que interactúa con la jefatura de la agencia. Este grupo se muestra en la figura 15.



**Figura 14.** Diagrama generado por la métrica *Doing similar task*

Fuente: elaboración propia.



**Figura 15.** Diagrama generado por la métrica *Working together*

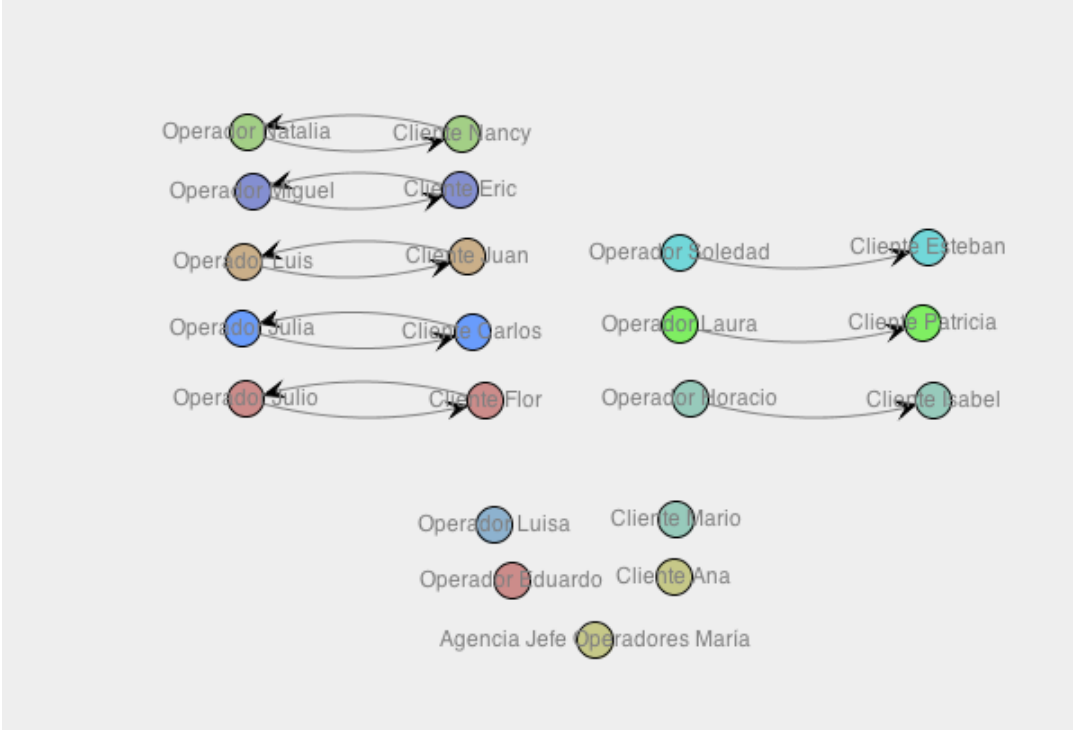
Fuente: elaboración propia.

### *Métrica Subcontracting*

Esta métrica identifica si se presenta el fenómeno de la subcontratación entre los recursos. Según los datos del *log* de eventos analizado, existe subcontratación entre cinco de los operadores y clientes. En tres de estas mismas relaciones no se presenta la subcontratación debido a que la información fue enviada al cliente pero este nunca respondió o no hubo ningún tipo de



subcontratación con la jefatura de la agencia. La figura 16 muestra el diagrama obtenido al aplicar esta métrica.



**Figura 16.** Diagrama generado por la métrica *Subcontracting*

Fuente: elaboración propia.

Una vez aplicados los pasos propuestos en este trabajo, es posible ver la utilidad que tendrían para los administradores de procesos de negocio. A partir de la extracción de los datos asociados a los procesos desde un sistema de información, se pueden encaminar distintos tipos de análisis, tanto los presentados anteriormente, así como la aplicación de otras técnicas disponibles para el análisis de procesos. Los resultados obtenidos serán aptos para revisar no solo el funcionamiento actual de los procesos, sino también el comportamiento de los recursos participantes y permitir de esa forma el establecimiento de estrategias de mejora sobre los procesos analizados.

## VII. Conclusiones

En este trabajo se aborda el tema de los procesos de negocio y cómo establecer formas de optimizar los procesos manejados en las organizaciones. La administración de procesos de negocios implementada de manera efectiva trae consigo beneficios relacionados con identificación de mejoras necesarias, a partir de formalizar los procesos existentes en la organización. Además, con una ejecución adecuada a nivel de la gestión de procesos, es posible mejorar la automatización de los flujos de trabajo, mejorar la productividad y poder incluso percibir un impacto positivo en la reducción de costos y tiempos de ejecución de las actividades.

La minería de procesos se ha convertido en una disciplina que ofrece un conjunto de técnicas y herramientas para realizar un análisis más detallado de procesos, con base en la información almacenada en *logs* de eventos de los sistemas corporativos, por medio de sus tres tipos: el descubrimiento, la verificación de la conformidad y el mejoramiento. Esta disciplina permite analizar profundamente el comportamiento de los procesos de negocio en una organización, además de ofrecer una serie de algoritmos para evaluar los procesos, no solo desde el punto de vista de descubrir el modelo de un proceso, sino para analizar el desenvolvimiento de los recursos partícipes durante la ejecución, así como un análisis temporal y de desempeño.

En esta investigación se establecieron cuatro pasos principales que pueden servir de guía para una organización que desee incorporar el uso de la minería de procesos, para administrar sus procesos de negocio y generar oportunidades de mejora. La explicación de estos pasos se realizó a través de un caso de estudio ficticio, con el objetivo de mostrar la aplicación práctica de una buena administración de procesos de negocio, en complemento con la minería de procesos. En el caso de estudio se utilizó un proceso de negocio asociado con la reserva de paquetes turísticos, donde a partir de un *log* de eventos sintético, fue posible establecer el descubrimiento del proceso y el análisis desde la perspectiva organizacional. Para este estudio, se utilizaron las herramientas DISCO y ProM, aplicaciones que fueron explicadas en la sección III.

Las organizaciones en el nivel mundial se encuentran ante el desafío de aprovechar de una mejor manera la gran cantidad de información generada producto de la ejecución de sus procesos. La minería de procesos y una adecuada gestión de procesos de negocio pueden colaborar con las organizaciones para enfrentar ese reto e instaurar estrategias que impacten de manera positiva en la competitividad y la calidad de los procesos que se ofrecen.

### **Referencias bibliográficas**

Arias, M., Rojas, E. (2014). "Deciphering event logs in SharePoint Server: A methodology based on process mining". In Computing Conference (CLEI), 2014 XL Latin American. *IEEE*, 1-12.

Arias, M., Rojas, E., Munoz-Gama, J. y Sepúlveda, M. (2015). "A Framework for Recommending Resource Allocation based on Process Mining". In *Business Process Management Workshops - BPM 2015*, 13th International, 458--470. Innsbruck, Austria.

Claes, J. y Poels, G. (2013). "Process Mining and the ProM Framework: An Exploratory Survey". In *Business Process Management Workshops*, 1--12.

Dumas, M., Van der Aalst, W. M. P. y Ter Hofstede, A. H. M. (2005). *Process-aware information systems: bridging people and software through process technology*. John Wiley & Sons.

Fischer, L. (2003). *The Workflow Handbook*. Future Strategies Inc.

Gantz, J. y Reinsel, D. (2011). "Extracting Value from Chaos", (June), 1--12.

Günther, C. W. y Van der Aalst, W. M. P. (2007). "Fuzzy Mining – Adaptive Process Simplification Based on Multi-Perspective Metrics". In *Business Process Management*, 328--343.

- Havey, M. (2009). *Essential business process modeling*. Springer Berlin Heidelberg.
- Murata, T. (1989). "Petri nets: Properties, analysis and applications". *Proceedings of the IEEE*, 77 (4), 541–580.
- Perez-Castillo, R., Weber, B., Pinggera, J., Zugal, S., de Guzman, I. G. R., & Piattini, M. (2011). Generating event logs from non-process-aware systems enabling business process mining. *Enterprise Information Systems*, 5(3), 301-335.
- Rojas, E., Munoz-Gama, J., Sepúlveda, M., y Capurro, D. (2016). "Process mining in healthcare: A literature review". *Journal of biomedical informatics*, 61, 224-236.
- Song, M. & Van der Aalst, W. M. P. (2008). "Towards comprehensive support for organizational mining". *Decision Support Systems*, 46 (1), 300–317. doi:10.1016/j.dss.2008.07.002
- Ter Hofstede, A., & Van der Aalst, W. M. P. (2005). "YAWL : Yet Another Workflow Language". *Information Systems*, 30(4), 245–275.
- Trč̃ka, N., Pechenizkiy, M., & Van der Aalst, W. (2010). Process mining from educational data (pp. 123-142). Chapman & Hall/CRC.
- Van der Aalst, W. M. P. (2012). "Process Mining : Overview and Opportunities", 3(2), 7. doi:10.1145/0000000.0000000
- Van der Aalst, W. M. P., Adriansyah, A., Karla, A., Medeiros, A. De, Arcieri, F., Baier, T., ... Song, M. (2012). "Process Mining Manifesto". *In Business Process Management Workshops*, 169–194.
- Van der Aalst, W. M. P., Hofstede, A. H. M. y Weske, M. (2003). "Business Process Management : A Survey". *In Business Process Management*, 1–12.

- Van der Aalst, W. M. P., Medeiros, A. K. A. De. y Weijters, A. J. M. M. (2005). Genetic Process Mining. *Lecture Notes in Computer Science*, 3536.
- Van der Aalst, W. M. P., Reijers, H. a., Weijters, a. J. M. M., van Dongen, B. F., Alves de Medeiros, a. K., Song, M. y Verbeek, H. M. W. (2007). "Business process mining: An industrial application". *Information Systems*, 32(5), 713–732. doi:10.1016/j.is.2006.05.003
- Van der Aalst, W. M. P., Reijers, H. A. y Song, M. (2005). "Discovering Social Networks from Event Logs". *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 14 (6), 549–593.
- Van der Aalst, W. M. P., van Dongen, B. F., Günther, C. W., Rozinat, A., Verbeek, E., & Weijters, T. (2009). *ProM: The Process Mining Toolkit. BPM (Demos)*.
- Van der Aalst, W. M. P., van Dongen, B. F., Herbst, J., Maruster, L., Schimm, G., & Weijters, A. J. M. M. (2003). "Workflow mining: A survey of issues and approaches". *Data & Knowledge Engineering*, 47(2), 237–267. doi:10.1016/S0169-023X(03)00066-1
- Verbeek, H. M. W., Buijs, J. C. A. M., van Dongen, B. F. & Van der Aalst, W. M. P. (2011). "XES , XESame , and ProM 6". *Information Systems*, 60–75.
- Weijters, A. J., & Van der Aalst, W. M. P. (2003). "Rediscovering Workflow Models from Event-Based Data using Little Thumb". *Integrated Computer-Aided Engineering*, 10, 151–162.
- Weske, M. (2007). *Business Process Management*.
- White, S. (2004). Introduction to BPMN. *IBM Corporation*.