



Universidad de las Ciencias Informáticas

Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas

Componente para el análisis del tiempo de los procesos del Sistema para la Planificación de Actividades

Autor(es): Lisandra López Echevarría

Rolando Casanova Borroto

Tutor(es): Ing. María Teresa Rosales González

Dr.C. Arturo Orellana García

La Habana, Cuba.

“Año 59 de la Revolución.”

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmamos la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Rolando Casanova Borroto

Firma del Autor

Lisandra López Echevarría

Firma del Autor

Arturo Orellana García

Firma del Tutor

María Teresa Rosales González

Firma del Tutor

DATOS DE CONTACTO

Ing. María Teresa Rosales González (mtrosales@uci.cu): Graduada de Ingeniería en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2012. Investigador de la Minería de Procesos. Miembro del grupo de investigación de minería de procesos. Especialista en la producción de software en el Centro de Informatización de Entidades CEIGE.

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

DEDICATORIA

Lisandra

A mi madre: porque gracias a ella y a sus esfuerzos soy todo lo que soy.

A mis santos: porque siempre me apoyo en ellos para salir bien de cualquier situación.

A mi padre: por quererme y haberme dado la vida.

A mi padrastro: por quererme y cuidarme como a una hija.

A mi familia: por apoyarme incondicionalmente en todo momento que lo necesité.

A mi novio: por amarme y tenerme mucha paciencia.

A mis amigos: por aconsejarme y apoyarme en las buenas y en las malas.

Rolando

A Dios: porque siempre está conmigo en cada paso que doy.

A mi abuelo: el Makarenko de la familia, porque cada día trato de ser como él.

A mis padres: porque todo lo que soy es gracias a ellos.

A mi familia: por siempre darme su cariño y apoyo incondicional.

A mis amigos: por siempre estar allí.

A mí: por tanta paciencia.

AGRADECIMIENTOS

Resumen

El proceso de planificación de actividades en Cuba es realizado siguiendo lo establecido por la Instrucción número 1 del Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros. El Sistema para la Planificación de Actividades se encarga de informatizar y homogeneizar dicho proceso. Dada la experiencia acumulada en la explotación del sistema, se ve evidenciada la necesidad de incluir funcionalidades que le den un valor añadido al mismo en cuanto al análisis de tiempo de los procesos en función del beneficio de las organizaciones. La minería de procesos es una tecnología que ofrece técnicas para realizar análisis de tiempo de los procesos. El objetivo de esta investigación es desarrollar un componente, a partir de la personalización de la técnica Dotted Chart Analysis, que permita realizar análisis de tiempo de los procesos del sistema. Dicha solución fue implementada usando el lenguaje de programación Java, así como la librería JFreeChart para las operaciones de graficado. Fue aplicado un caso de estudio, el cual consistió en comparar los resultados obtenidos por Dotted Chart Analysis en ProM y por el componente desarrollado con el objetivo de validar la solución. Además, fue medida la satisfacción de los usuarios mediante la aplicación de la técnica Iadov. Como resultado se obtuvo un componente que permite a los usuarios decisores realizar análisis de tiempo de los procesos del sistema mediante la identificación de indicadores, tales como instante de inicio, fin y duración máxima, mínima o media, de un proceso o actividad.

Palabras clave: Actividad, minería de procesos, planificación, proceso, tiempo.

Abstract

The process of planning activities in Cuba is carried out in accordance with Instruction number 1 of the President of the Councils of State and Ministers. The System for the Planning of Activities is in charge of computerizing and homogenizing said process. Given the experience accumulated in the exploitation of the system, it is evident the need to include functionalities that give added value to it in terms of time analysis of the processes according to the benefit of the organizations. Process mining is a technology that offers techniques for performing time analysis of processes. The objective of this research is to develop a component, based on the personalization of the technique Dotted Chart Analysis, that allows to perform time analysis of the system processes. This solution was implemented using the Java programming language, as well as the JFreeChart library for graphing operations. A case study was applied, which consisted in comparing the results obtained by Dotted Chart Analysis in ProM and by the component developed with the aim of validating the solution. In addition, user satisfaction was measured through the application of the Iadov technique. As a result, a component was obtained that allows decision makers to perform time analysis of system processes by identifying indicators, such as start, end, and maximum, minimum or average duration of a process or activity.

Key words: Activity, process mining, planning, process, time.

ÍNDICE

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO	6
1.1. GESTIÓN POR PROCESOS	6
1.2. SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES	7
1.3. TECNOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE TIEMPO EN PROCESOS DE NEGOCIO	9
1.3.1. <i>Simulación</i>	9
1.3.2. <i>Minería de datos</i>	9
1.3.3. <i>Minería de procesos</i>	10
1.3.4. <i>Resultados del análisis</i>	10
1.4. MINERÍA DE PROCESOS	11
1.4.1. <i>Registros de eventos</i>	12
1.4.2. <i>Tipos de Minería de procesos</i>	14
1.4.3. <i>Técnicas para el análisis de tiempo</i>	15
1.4.4. <i>Resultado del análisis realizado</i>	18
1.5. AMBIENTE DE DESARROLLO	19
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	21
CAPÍTULO 2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN	22
INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO	22
2.1. DOTTED CHART ANALYSIS	22
2.2. REGISTRO DE EVENTOS DE SIPAC	24
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN	25
2.4. ARQUITECTURA Y PATRONES DE DISEÑO	27
2.4.1. <i>Patrones de diseño GoF</i>	28
2.4.2. <i>Patrones de asignación de responsabilidades</i>	30
2.5. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN	32
2.5.1. <i>Estándares de codificación</i>	32
2.5.2. <i>Componente para el análisis del tiempo de los procesos de SIPAC</i>	33
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	40
CAPÍTULO 3 VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	41
INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO	41
3.1. APLICACIÓN DE UN CASO DE ESTUDIO	41
3.2. ÍNDICE DE SATISFACCIÓN GRUPAL	46
3.2.1. <i>Aplicación de la técnica ladov para medir satisfacción</i>	48
3.3. IMPACTO DE LA SOLUCIÓN	49
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	50
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

GLOSARIO DE TÉRMINOS	65
ANEXOS	67

Índice de Figuras y Tablas

TABLA 1 PREGUNTAS QUE SIPAC NO RESPONDE COMPLETAMENTE.....	8
TABLA 2 COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE MINERÍA DE PROCESOS PARA EL ANÁLISIS DE TIEMPO.	18
TABLA 3 CUADRO LÓGICO DE IADOV.....	47
TABLA 4 NIVELES DE SATISFACCIÓN.....	48
FIGURA 1 ESTRUCTURA DE LOS REGISTROS DE EVENTOS.....	12
FIGURA 2 EJEMPLO DE REGISTRO DE EVENTOS.....	14
FIGURA. 3: POSICIONAMIENTO DE LOS TIPOS DE MINERÍA DE PROCESOS. A) DESCUBRIMIENTO, B) CHEQUEO DE CONFORMIDAD, C) MEJORA.....	15
FIGURA 4 EJEMPLO DE SALIDA DE DCA.....	22
FIGURA 5 MÉTRICAS DE RENDIMIENTO PROPORCIONADAS POR DCA.....	24
FIGURA 6 MODELO CONCEPTUAL DE LOS REGISTROS DE EVENTOS DE SIPAC.....	25
FIGURA. 7 DIAGRAMA DE COMPONENTES DEL COMPONENTE PARA EL ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE SIPAC DESDE LA PERSPECTIVA TIEMPO.....	26
FIGURA 8 PATRÓN SINGLETON.....	28
FIGURA 9 APLICACIÓN DEL PATRÓN SINGLETON. CONSTRUCTOR DE LA CLASE.....	29
FIGURA 10 APLICACIÓN DEL PATRÓN SINGLETON. MÉTODO GETINSTANCE.....	29
FIGURA 11 FUNCIONAMIENTO DEL PATRÓN FACHADA.....	30
FIGURA 12 APLICACIÓN DEL PATRÓN CREADOR. CLASE CONTROLLER.....	31
FIGURA 13 APLICACIÓN DEL PATRÓN EXPERTO. CLASE EVENTO.....	32
FIGURA 14 MÉTODO QUE CONVIERTE EL .XES A .JSON. Y CREA UNA INSTANCIA DE DCAFORMULARIO.....	36
FIGURA 15 MÉTODO CONVERTIREVENTOS.....	36
FIGURA 16 MÉTODO ORDENAREVENTOS.....	37
FIGURA 17 MÉTODO CREATEDATASETXPROCESO.....	38
FIGURA 18 INTERFAZ DE LA TÉCNICA DOTTED CHART ANALYSIS UCI.....	39
FIGURA 19 IMPORTAR REGISTRO DE EVENTOS EN PROM.....	42
FIGURA 20 SELECCIONAR LA OPCIÓN "VISTAS".....	42
FIGURA 21 SELECCIONAR VISUALIZADOR.....	42
FIGURA 22 MENÚ DE VISUALIZADORES.....	43
FIGURA 23 RESULTADOS.....	43
FIGURA 24 CONFIGURACIÓN DE LA VISUALIZACIÓN.....	44
FIGURA 25 MENÚ DE FILTRADO.....	44
FIGURA 26 PANEL DE INFORMACIÓN.....	45
FIGURA 27 GRÁFICOS ADICIONALES.....	45
FIGURA 28 EVENTOS INTERCONECTADOS.....	46
FIGURA 29 DISTRIBUCIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE USUARIOS CON RESPECTO A LA SOLUCIÓN DESARROLLADA.....	49

Introducción

Con el avance experimentado por las Tecnologías de la Información en estos últimos años, la capacidad existente para capturar, procesar, almacenar y distribuir la información se ha incrementado de manera espectacular y se han eliminado las barreras espaciales y temporales que en muchos casos dificultaban la coordinación entre las distintas funciones de la empresa (Vieites y Rey 1998).

El uso de sistemas de información en las organizaciones es de suma importancia pues facilita la gestión de la información (Laudon, Laudon y Brabston 2011). Esto permite conocer el estado de los datos, la información sobre mercados y competidores, estadísticas de proyectos, proveedores y otras informaciones relevantes para la gestión organizacional y la toma de decisiones (Vieites y Rey 1998).

Los sistemas de información orientados a procesos que van implantándose y haciéndose fundamentales en todas las organizaciones, requieren un modelado explícito de los procesos de negocio de las mismas (Domínguez, Martínez y Garcia 2015). Es por ello que hoy en día la mayoría de las empresas se apoyan en el uso de sistemas informáticos capaces de gestionar sus procesos de negocio.

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se han desarrollado sistemas de información enfocados a gestionar procesos de las organizaciones. Uno de estos es el Sistema de Planificación de Actividades (SIPAC), creado por el Centro de Informatización de la Gestión de Entidades (CEIGE). El cual está destinado a facilitar la gestión de las actividades a todos los niveles organizacionales, permite interrelacionar objetivos de trabajo y actividades en tiempo real. A su vez garantiza el seguimiento del desarrollo y cumplimiento de los objetivos y tareas principales en las entidades. Informatizando los procesos de Elaboración, Ejecución y Control del Plan, Evaluación de los objetivos y Puntualización de las actividades (Manual de Usuario SIPAC 2015).

El objetivo principal de SIPAC es informatizar y homogeneizar el proceso de planificación de objetivos y actividades a corto, mediano y largo plazo que se realizan en todos los niveles de dirección del país. Todo esto se realiza siguiendo la Instrucción número 1 del Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros y en consonancia con la política económica y social del partido mediante los lineamientos 131 y 132 de la política de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente y al 214 del Capítulo 3:

La dirección planificada de la economía (Partido Comunista De Cuba Y Asamblea Nacional Del Poder Popular 2016).

Los usuarios decisores, como parte del proceso de toma de decisiones, necesitan conocer datos relevantes sobre el proceso de planificación de actividades de las organizaciones. Entre estos sobresalen el instante de inicio y fin de un proceso o de las actividades que lo componen, la duración promedio, mínima o máxima de dicho proceso.

Todo esto se realiza para determinar cuándo se incorporan las actividades al plan y cuándo se deberían hacer. Qué usuarios están haciendo qué actividades y en qué tiempo. Cómo se comporta el principio del respeto al plan. Es necesario conocer datos relevantes como: la sistematicidad con que se realiza el proceso de ejecución y control. El nivel de implicación de los directivos en la planificación, además de la periodicidad con que se actualizan los valores reales de las medidas, entre otros elementos.

SIPAC es una herramienta útil para apoyar la toma de decisiones dentro de las organizaciones, debido a que cuenta con los datos necesarios para ello almacenados en forma de registros de eventos. Actualmente el sistema no contiene funcionalidades de valor añadido que propicien el uso de estos datos en función del beneficio de la organización.

Una de las formas de identificar y/o detectar los indicadores mencionados con anterioridad es mediante el uso de la Minería de Procesos (MP), la misma es una tecnología que permite descubrir, monitorear y mejorar procesos reales a partir de la extracción de conocimientos de los registros de eventos ampliamente disponibles en los actuales sistemas de información (Wil van der Aalst et al. 2012). Esta tecnología posee más de 600 técnicas con configuraciones y métricas orientadas a especialistas del área, las cuales se hacen de difícil comprensión para usuarios no expertos (Domínguez, Martínez y Garcia 2015).

El Manifiesto de la minería de procesos (Wil van der Aalst et al. 2012), documento rector de la disciplina plantea como desafío la usabilidad para usuarios no expertos, lo que constituye un inconveniente para la aplicación de esta tecnología, en su estado actual, por los usuarios de SIPAC. Así mismo, plantea como desafío el entendimiento para los no expertos, de los modelos generados a partir de sus herramientas, lo cual limita la capacidad de análisis de los administrativos.

A partir del análisis realizado anteriormente queda evidenciada la necesidad de que SIPAC cuente con una solución que permita realizar el análisis del tiempo de ejecución de los procesos del sistema a partir de su registro de eventos. Todo esto con el objetivo de prevenir la inestabilidad y demora en la ejecución de los mismos, lo que afecta negativamente en los tiempos de respuesta y en la calidad del plan. Además, de esta forma se contribuye a la toma de decisiones por parte de los usuarios involucrados al determinar posibles desviaciones en los tiempos de ejecución de los procesos.

Desde la problemática planteada anteriormente se define como **problema a resolver**: ¿Cómo contribuir al análisis de los procesos del SIPAC desde la perspectiva tiempo de minería de procesos, a partir de su registro de eventos?

El **objeto de estudio** se centró en el proceso de planificación de actividades. Mientras que el **campo de acción** se delimita a: Técnicas de minería de procesos para el análisis del rendimiento en el tiempo de los procesos en la planificación de actividades.

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, se propone como **objetivo general de la investigación**: Desarrollar un componente para contribuir al análisis de los procesos del SIPAC desde la perspectiva tiempo de minería de procesos, a partir de su registro de eventos.

Para dar cumplimiento al objetivo general de la investigación, se plantean las siguientes **tareas de investigación**:

1. Elaboración del marco teórico metodológico referente a la Minería de Procesos y los conceptos asociados al objeto de estudio de la investigación.
2. Análisis de las tendencias actuales que permitan facilitar el entendimiento del análisis del rendimiento en el tiempo de los procesos, para definir la propuesta de solución
3. Análisis de la herramienta ProM y las librerías que contiene, así como los principales algoritmos y técnicas para el análisis del rendimiento en el tiempo de los procesos
4. Desarrollo del componente para facilitar el entendimiento del análisis del rendimiento en el tiempo de los procesos del SIPAC.
5. Integración del componente a la herramienta para de Minería de Procesos del Sistema para la Planificación de Actividades.
6. Validación de la propuesta mediante técnicas y métodos definidos para la investigación.

La realización de dichas tareas se sustenta en los siguientes **métodos de investigación**:

Métodos Teóricos

Analítico-sintético: Fue utilizado para sintetizar las ideas con el objetivo de lograr el desarrollo de un componente que brinde la solución al problema planteado.

Histórico-lógico: Fue utilizado para conocer la evolución de los diferentes conceptos y tendencias referentes al objeto de estudio de la investigación y de esta forma obtener un mayor conocimiento y para luego aplicarlo en la solución del problema presentado.

Modelación: Fue utilizado al trabajar con los modelos generados a partir de los registros de eventos y de la propia solución, además de los diagramas y artefactos que genera la metodología utilizada.

Métodos Empíricos

Experimentación: Fue utilizado durante la aplicación del caso de estudio utilizado para la validación de la solución desarrollada.

Encuesta: Fue utilizado en la aplicación de la encuesta realizada para la realización del método de satisfacción ladov.

El presente documento está estructurado de la siguiente manera: resumen, introducción y tres capítulos de los cuales a continuación se resume su contenido. Además, cuenta con Conclusiones, Recomendaciones, Referencias bibliográficas, Glosario de términos y Anexos.

Capítulo 1 “Fundamentación teórica”: se discuten las ideas básicas y las diferentes tecnologías que posibiliten resolver la problemática planteada. Se describen las principales características de la MP. Se abordan las técnicas aplicadas en la misma, haciendo una evaluación crítica de las ventajas y desventajas de las mismas. Se fundamenta el ambiente de desarrollo a utilizar.

Capítulo 2 “Propuesta de solución”: En este capítulo se describe la propuesta de solución desarrollada. Además, se define el diseño y se describe la arquitectura del componente, se definen los

estándares de codificación que se utilizarán durante el proceso de desarrollo y se realiza el diagrama de componentes para guiar la implementación.

Capítulo 3 “Validación de la solución”: En este capítulo se realizan la validación de la solución propuesta mediante la aplicación de un caso de estudio. Se aplica la técnica de satisfacción de usuarios ladov. Se describe el impacto de la solución.

Capítulo 1 Fundamentación teórica

Introducción al capítulo

En el presente capítulo se abordan brevemente las tecnologías que permiten realizar análisis de tiempo de los procesos, entre ellas la MP. De esta se hace un estudio de sus principales técnicas, algoritmos y perspectivas. Se propone el ambiente de desarrollo para la solución propuesta.

1.1. Gestión por procesos

Las organizaciones han migrado hacia una nueva forma de gestión basada en procesos de negocio: han evolucionado desde una gestión funcional hacia una gestión basada en procesos. La gestión funcional se caracteriza por un funcionamiento vertical o por departamentos, lo cual trae consigo una serie de dificultades (por ejemplo, pérdida de vista del cliente o falta de integración) (León, Rivera y Nariño 2010). En contraparte, la gestión basada en procesos se caracteriza por un funcionamiento horizontal que integra a toda la organización (Calderón-Ruiz y Velarde-Bedregal 2016).

La gestión por procesos es el modo de gestionar toda la organización basándose en los procesos y percibe la organización como un sistema interrelacionado. En la actualidad, en la mayoría de las organizaciones donde se aplica coexiste el enfoque de procesos con la administración funcional, se asignan “propietarios” a los procesos y se establece una gestión interfuncional generadora de valor para el cliente y que, por tanto, procura su satisfacción (León, Rivera y Nariño 2010).

En la gestión por procesos el énfasis se centra en qué, cómo, por qué y para quién se hacen las cosas y no tanto en el quién las hace, es decir, la empresa desplaza su punto de mira desde el producto hacia el cliente, ya que la clave de su éxito está en generar valor y mejorar la satisfacción del cliente (Vieites y Rey 1998). La aplicación de la gestión por procesos en una organización permite:

- Comprender la configuración de los procesos del negocio, sus fortalezas y debilidades.
- Determinar los procesos que necesitan ser mejorados o rediseñados.
- Establecer prioridades, iniciar y mantener planes de mejora que permitan alcanzar los objetivos establecidos.

- Reducir la variabilidad innecesaria que aparece habitualmente cuando se producen o prestan determinados servicios y eliminar las ineficiencias asociadas a la repetitividad de las acciones o actividades, al consumo inapropiado de recursos, entre otras.

Los procesos son la clave, representan el hilo conductor que hace que la organización sea un sistema dinámico y complejo, garantiza que estas actividades encadenadas que brindan lo esencial del negocio al cliente puedan ser utilizadas para lograr actuar y mejorar.

1.2. Sistema de Planificación de Actividades

SIPAC, desarrollado en la UCI, es certificado por el Grupo de Planificación de Actividades de la Secretaría del Consejo de Ministros de la República de Cuba regida por la Instrucción no.1 del Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros. Tiene como objetivo informatizar y homogeneizar el proceso de planificación a corto, mediano y largo plazo que se realiza en todos los niveles de dirección del país. SIPAC se encuentra basado en los principios de independencia tecnológica, implementando funcionalidades generales de los procesos asociados a la planificación por objetivos el sistema se encarga de:

- ✓ Interrelacionar los objetivos de trabajo y actividades en tiempo real; garantizando el seguimiento y cumplimiento de los objetivos y actividades en las entidades.
- ✓ Puntualizar las actividades que debe efectuar cada usuario, como parte de la planificación a corto plazo, posibilita una mayor coincidencia entre lo que aspira la dirección y lo que debe proponerse cada miembro de la organización.
- ✓ Gestionar los posibles involucrados que dirigen o ejecutan el proceso de planificación de objetivos y actividades.
- ✓ Compartimentar la información mediante la gestión de los permisos entre los diferentes niveles involucrados en la planificación, la gestión de los principales nomencladores.
- ✓ Generar reportes como el plan de actividades anual, el plan de actividades mensual, plan de trabajo individual, puntualizaciones del plan mensual y el resumen de cumplimiento del plan de trabajo según lo establecido en la Instrucción No.1.

Actualmente SIPAC no permite realizar un análisis del tiempo de ejecución de sus procesos, lo que dificulta la detección de incumplimientos en la planificación de las actividades, así como detectar

problemas de sobrecarga en los procesos, etc. La tabla 1 muestra las funcionalidades que posee SIPAC para cada uno de sus procesos. A cada funcionalidad se le asocian preguntas, las cuales se hace necesario responder para facilitar el apoyo a la toma de decisiones por parte de los usuarios decisores.

Tabla 1 Preguntas que SIPAC no responde completamente.

Fuente: (Elaboración propia)

Proceso	Funcionalidades	Preguntas
Elaboración del plan	Porcentaje de actividades incorporadas al Plan de Actividades Anual (PAA) antes del mes de diciembre del año anterior.	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Cuándo se incorporan las actividades al plan y cuándo se deberían hacer? – ¿En qué momento se involucran a los usuarios? – ¿Qué usuarios están haciendo qué actividades y en qué tiempo?
Aprobación-conciliación del plan	Porcentaje de PAA enviados a aprobación antes del 25 de diciembre del año anterior.	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Cuándo se realizan los cambios de estados y cuándo se deberían hacer?
Puntualización del plan	Porcentaje que representan las actividades incorporadas como puntualización al plan del total de actividades.	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Cómo se comporta el principio del Respeto al plan? – ¿En qué momento se incorporan las puntualizaciones y en qué momento se debería incorporar?
Ejecución y control del plan	Porcentaje de actividades que los involucrados actualizan su porcentaje de cumplimiento del total de actividades.	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Ocurrencia y frecuencia del proceso de Ejecución y control del plan?
Evaluación de los objetivos	Porcentaje de objetivos que tienen definidos sus criterios de evaluación del total de objetivos.	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Ocurrencia y frecuencia del proceso de Evaluación de los objetivos?

El análisis realizado demuestra la necesidad de desarrollar una solución que responda a las principales interrogantes planteadas en la tabla 1.

1.3. Tecnologías para el análisis de tiempo en procesos de negocio

Existen diversas tecnologías que posibilitan realizar análisis de tiempo en procesos de negocio, entre las más utilizadas se encuentran:

1.3.1. Simulación

Es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos (Rozinat, Anne 2011b).

El comportamiento de la simulación está determinado por el modelo de simulación o conjunto de supuestos concernientes al Sistema real, estos supuestos se expresan a través de relaciones lógicas y Matemáticas entre las entidades. Su utilidad se apoya y cae con la validez del modelo. Esto significa que todas las influencias relevantes sobre el comportamiento del proceso necesitan ser conocidas y capturadas. Para procesos sencillos y estables esto puede funcionar, pero para muchos procesos complejos se acerca a "modelar el mundo" (Rozinat, Anne 2011b).

En la simulación, todo necesita ser capturado en un solo modelo. Además de la exigencia de ser "completa" esto agrega a la complejidad porque siempre es más fácil modelar los diferentes aspectos de un proceso de forma aislada en lugar de todas las interdependencias (Rozinat, Anne 2011b).

1.3.2. Minería de datos

Consiste en la extracción no trivial de información, que reside de manera implícita en los datos. Dicha información, previamente desconocida, podrá resultar útil para algún proceso. La minería de datos prepara, sondea y explora los datos para sacar la información oculta en ellos (Hansen 2014). La misma no se centra en la perspectiva del proceso, por lo que no incluye el aspecto temporal y no contempla una ejecución de un solo proceso como una secuencia de actividades que se han realizado (Rozinat, Anne 2011a).

Actualmente existen muchas herramientas de minería de datos que se utilizan para apoyar las decisiones de negocio en áreas específicas (por ejemplo: qué productos se deben colocar juntos en el supermercado, o: donde se debe enviar su folleto de marketing), pero no funcionan bien para los procesos (Rozinat, Anne 2011a).

1.3.3. Minería de procesos

La MP es una disciplina impulsora del desarrollo de técnicas y herramientas para el análisis de los procesos de negocio que forman parte de los registros de eventos. Estos análisis se centran en brindar una mejor comprensión de los procesos para mejorar su rendimiento (Rozinat, Anne 2012). Su aplicación ayuda a identificar cuellos de botella, anticipar problemas, registrar violaciones de políticas, recomendar contramedidas, y simplificar procesos, con el objetivo de mejorar el funcionamiento del negocio (Tax et al. 2016).

La MP es aplicable a una amplia gama de sistemas. Estos sistemas pueden ser sistemas de información puros (por ejemplo, sistemas ERP¹) o sistemas en los que el hardware desempeña un papel más prominente (por ejemplo, sistemas embebidos). El único requisito es que el sistema produzca registros de eventos registrando así (partes de) el comportamiento real (Song y Van der Aalst 2008).

En la MP los problemas no necesitan ser conocidos de antemano. Pueden ser observados e investigados sobre la base de datos fácticos (Rozinat, Anne 2011b). En esta se pueden generar múltiples modelos para obtener información sobre diferentes perspectivas del proceso (flujo de proceso, organización, flujo de datos, etc.). Estos modelos pueden ser separados y tan detallados como necesitan ser para entender mejor el problema (Rozinat, Anne 2011a).

1.3.4. Resultados del análisis

El estudio realizado anteriormente permitió determinar que la MP es la tecnología más apropiada para realizar análisis de tiempo de los procesos, ya que esta permite realizar análisis de tiempo en la ejecución real de un proceso. A diferencia de la simulación, la cual da un modelo predictivo no confiable

¹ Siglas en inglés de Enterprise Resource Planning, Planificación de Recursos Empresariales; son sistemas informáticos destinados a la administración de recursos en una organización.

y difícil de realizar. Además, a partir de la minería de datos no se puede hacer un análisis en función del tiempo en el flujo de un proceso pues no se centra en la perspectiva del proceso.

Esta tecnología al realizar sus análisis sobre la evidencia de la ejecución de los procesos brinda numerosas ventajas con respecto a las técnicas tradicionales de análisis y mejora de procesos, ya que ofrece resultados en menor tiempo y con mayor fiabilidad (Wil van der Aalst et al. 2012).

1.4. Minería de procesos

El concepto MP surgió hace más de una década (Agarwal y Prasad 1998). 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 objetivo de la MP es extraer información a partir de los registros de eventos, es decir, describe una familia de técnicas de análisis a posteriori que explotan la información almacenada en los registros de eventos. Estos son el resultado del almacenamiento de la información de las actividades que componen los procesos en un período determinado de tiempo (Calderón-Ruiz y Velarde-Bedregal 2016).

Para el análisis de procesos mediante MP se siguen diferentes perspectivas, entre ellas están la de control de flujo, la de casos y la temporal, siendo esta última una de las más importantes debido a que se relaciona con la ocurrencia y frecuencia de los eventos. Cuando los eventos tienen asociados marcas de tiempo, es posible descubrir cuellos de botella, medir niveles de servicio, monitorear la utilización de recursos, y predecir el tiempo de procesamiento restante de casos en ejecución (Wil van der Aalst et al. 2012).

El análisis de procesos desde la perspectiva temporal permite, tener una mejor idea de los procesos con los que se están trabajando y resulta ser especialmente efectivo y útil en sectores críticos, pues determina el tiempo promedio de ejecución de una actividad, las diferencias de tiempo dentro de un proceso para un grupo de involucrados con la misma clasificación y las actividades dentro de la entidad que puedan representar cuellos de botella, ya sea por tardanza en la ejecución de las actividades o por sobrecarga en los recursos de la organización (Wil van der Aalst et al. 2012).

La MP incluye el descubrimiento automático de procesos, el chequeo de conformidad basándose en el monitoreo de desviaciones al comparar el modelo y el registro de eventos, la minería de redes sociales y organizacionales, la extensión de modelos, la reparación de modelos, la predicción de casos, y las recomendaciones basadas en historia (Wil van der Aalst et al. 2012).

1.4.1. Registros de eventos

El registro de eventos es la colección de eventos utilizados como entrada para la minería de procesos. Las técnicas de minería de procesos asumen que es posible registrar eventos secuencialmente (Wil van der Aalst et al. 2012), donde cada proceso está compuesto por casos o instancias del mismo. Un caso consiste en eventos que representan pasos bien definidos dentro del proceso; los eventos poseen atributos, entre los atributos más usados se encuentran: actividad, recursos, costo y tiempo.

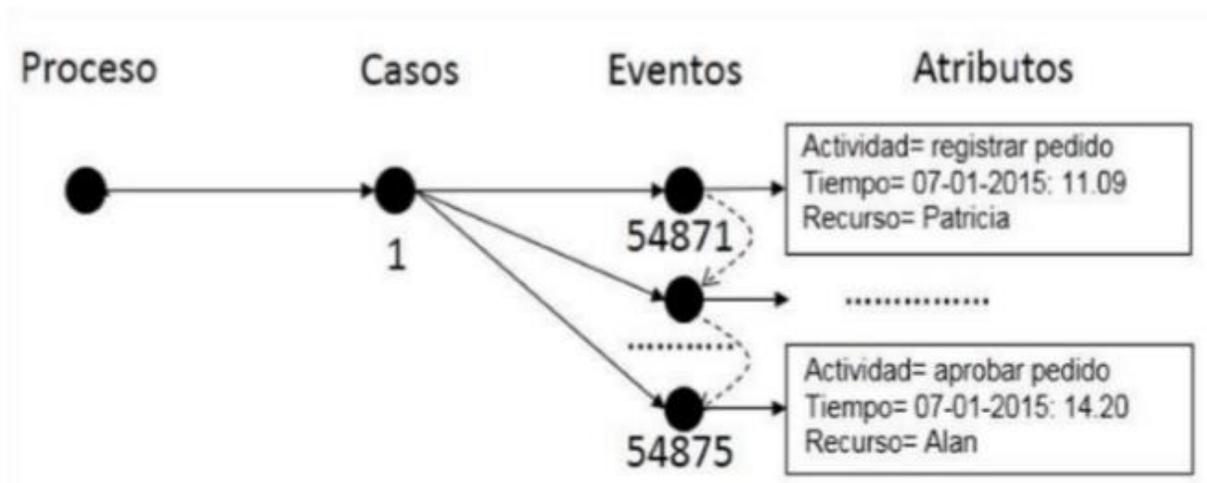


Figura 1 Estructura de los registros de eventos.

Fuente: (Orellana Garcia, Arturo 2015)

Para asegurar un análisis de minería de procesos exitoso, además del formato de almacenamiento del registro de eventos se debe garantizar su calidad. La misma se define a partir de tres aspectos fundamentales: confiabilidad, completitud y seguridad. La confiabilidad consiste en que los eventos deben ser confiables, es decir, debería ser seguro asumir que los eventos registrados realmente ocurrieron y que los atributos de los eventos son correctos. La completitud se relaciona a que los

registros de eventos deberían ser completos, dado un determinado contexto, no puede faltar ningún evento. También, cualquier evento registrado debe tener una semántica bien definida. Por otra parte, los datos de eventos son seguros, si se tienen en cuenta consideraciones de privacidad y seguridad al registrar los eventos (Wil van der Aalst et al. 2012).

1.4.1.1. Niveles de madurez

La combinación de los tres aspectos de calidad se refleja en los niveles de madurez definidos en el Manifiesto sobre MP para los registros de eventos (Wil van der Aalst et al. 2012):

Nivel 1: los eventos se registran manualmente, los eventos registrados podrían no corresponder a la realidad y podrían faltar eventos.

Nivel 2: los eventos se registran automáticamente, no se sigue un enfoque sistemático para decidir qué eventos se registran, podrían faltar eventos o estos podrían no registrarse correctamente.

Nivel 3: los eventos se registran automáticamente, pero no se sigue un enfoque sistemático para registrar los eventos. Hay un nivel de garantía de que los eventos registrados calzan con la realidad (el registro de eventos es confiable pero no necesariamente completo).

Nivel 4: los eventos se registran automáticamente y de manera sistemática y confiable, a diferencia del nivel 3 da soporte de manera explícita a nociones tales como instancia de proceso (caso) y actividad.

Nivel 5: el registro de eventos es de excelente calidad (confiable y completa) y los eventos están bien definidos. Los eventos se registran de manera automática, sistemática y segura. Se toman en cuenta adecuadamente consideraciones acerca de la privacidad y la seguridad.

Las técnicas de MP pueden ser aplicadas a registros de eventos en nivel 5, nivel 4 y nivel 3. En principio, también es posible aplicar minería de procesos utilizando registros de eventos en nivel 2 o nivel 1. Sin embargo, el análisis de dichos registros de eventos es generalmente problemático y los resultados no son confiables. De hecho, no tiene mucho sentido aplicar minería de procesos a registros de eventos en el nivel 1.

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

Figura 2 Ejemplo de registro de eventos.

Fuente: (Orellana Garcia, Arturo 2015).

Para obtener beneficio, las organizaciones deben apuntar a registros de eventos en el nivel de calidad más alto posible (Wil van der Aalst et al. 2012). Los registros de eventos suelen poseer características entre las que se encuentran el ruido y la ausencia de información (De Weerd et al. 2012).

El ruido es el comportamiento reflejado en las trazas y que rara vez ocurre, que es excepcional o poco frecuente, es decir, que no se corresponde con el comportamiento típico observado en el proceso (Wil van der Aalst et al. 2012). La ausencia de información es la ausencia en las trazas de una o varias actividades ejecutadas como parte de las instancias del proceso, debido a que estas no pueden ser registradas por los sistemas informáticos usados. A este tipo de actividad se le denominará actividad invisible (Yzquierdo-Herrera 2013).

1.4.2. Tipos de Minería de procesos

Existen tres tipos de MP (Wil van der Aalst et al. 2012):

- El primer tipo de es el descubrimiento. Una técnica de descubrimiento toma un registro de eventos y produce un modelo sin usar ninguna información a-priori.
- El segundo tipo es la conformidad, aquí se compara un modelo de proceso existente con un registro de eventos del mismo proceso. La verificación de conformidad puede ser usada para

chequear si la realidad, tal como está almacenada en el registro de eventos, es equivalente al modelo y viceversa.

- El tercer tipo es el mejoramiento, aquí la idea es extender o mejorar un modelo de proceso existente usando la información acerca del proceso real almacenada en algún registro de eventos. Mientras la verificación de conformidad mide el alineamiento entre el modelo y la realidad, este tercer tipo de MP busca cambiar o extender el modelo a-priori.

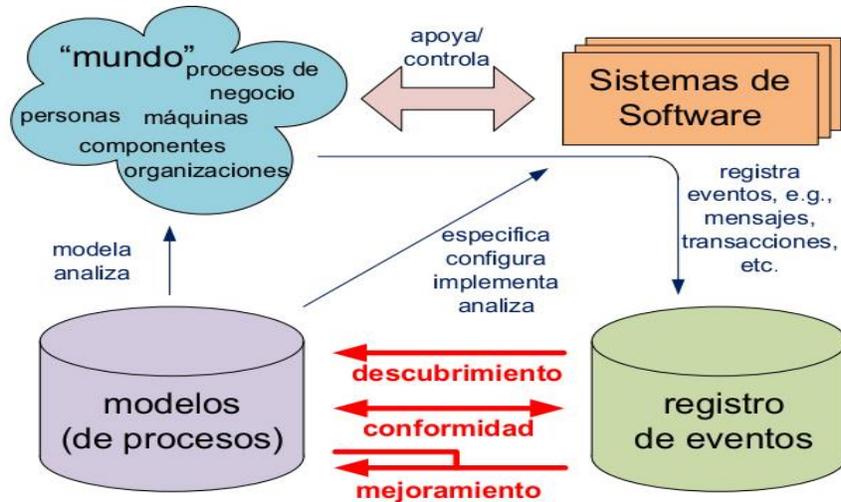


Figura. 3: Posicionamiento de los tipos de Minería de Procesos. a) descubrimiento, b) chequeo de conformidad, c) mejora.

Fuente: Manifiesto sobre Minería de Procesos, Autor: Wil van der Aalst y otros, IEEE Task Force on Process Mining.

1.4.3. Técnicas para el análisis de tiempo

Las diferentes técnicas de la MP permiten el descubrimiento de información desde los registros de eventos (García, Ramírez y Larrea 2015), permitiendo conocer el flujo de ejecución de un proceso, las redes sociales y sus métricas de desempeño, y de esta manera aprovechar todos los datos de eventos registrados de una forma significativa para proveer un mejor entendimiento, identificar cuellos de botella, prever problemas, registrar violaciones de políticas, recomendar contramedidas y simplificar procesos, además de disminuir los tiempos de diseño y con ello sus costos.

Existen diversas técnicas de MP para el análisis de los procesos. Las mismas forman parte del marco de trabajo ProM, el cual es una herramienta académica de código abierto muy utilizada debido a que

concentra la mayor cantidad de técnicas de MP desarrolladas en la actualidad. En cuanto a la perspectiva tiempo se refiere podemos encontrar:

1.4.3.1. Replay a Log on Petri net for Performance/Conformance

Esta técnica, también conocida como Replay PC 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 y 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 (Adriansyah 2012).

La escala de colores utilizada por este *plugin*² 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. Aunque Replay PC brinda varias opciones de análisis de tiempo, esta técnica se centra en identificar cuellos de botella en los procesos y representarlos explícitamente (Adriansyah 2012).

1.4.3.2. Minería Inductiva Visual

Inductive Visual Miner (IVM por sus siglas en inglés) utiliza un tipo de representación jerárquica es muy intuitiva y permite determinar con mayor facilidad la existencia de lazos y actividades finales. También permite seleccionar otra vista donde las actividades se representan con una notación BPMN. Esta vista es especialmente útil para detectar desviaciones en el comportamiento de los procesos. (Leemans, Fahland y van der Aalst 2014).

² Un plugin es aquella aplicación que, en un programa informático, añade una funcionalidad adicional o una nueva característica al software.

IVM permite visualizar cuáles son las actividades con menor y mayor frecuencia de ejecución. Además, es un algoritmo cuyo funcionamiento se comporta con un carácter robusto y tiene en cuenta la falta de información que pueda presentar el registro de eventos (Leemans, Fahland y van der Aalst 2014).

La arquitectura de IVM se asemeja a una cadena de análisis y visualización de tareas. Una de las opciones que posee es la animación del modelo de proceso que se construye a partir de un registro de eventos, esta opción calcula cuando pasan las trazas por los elementos del modelo para mostrar una vista previa animada del transcurso de las mismas por las actividades de dicho modelo de proceso (Orellana Garcia, Pérez Ramírez y Larrea Armenteros 2015). Aunque se basa en la representación de un modelo BPMN, esta técnica no está enfocada principalmente a realizar análisis de tiempo, su objetivo es la detección de desviaciones a partir de la frecuencia de ejecución de los procesos.

1.4.3.3. Transition System Analyzer

La técnica, también conocida como TS Analyzer, se encarga de generar un sistema de transiciones anotado a partir de un registro de eventos. Cada vez que se intenta detener el tiempo de conclusión de un determinado proceso, se toma la traza parcial del registro asociada a dicho proceso. Luego, mediante la función de representación de estado *Istate*, se asigna la traza parcial a un estado en el sistema de transición (Van der Aalst, Schonenberg y Song 2011).

Con esto es posible aprender de la información recopilada a partir de instancias de proceso anteriores que visitaron el mismo estado. Usando esta información, se hace una predicción, por ejemplo, basada en el tiempo promedio de terminación para instancias de proceso anteriores en un estado similar (Van der Aalst, Schonenberg y Song 2011).

TS Analyzer puede ser utilizada para predecir el tiempo restante de los casos en ejecución y cuando un caso no cumplirá con el tiempo de entrega, y de esta forma tomar medidas correctivas antes que posibles retrasos influyan negativamente en los indicadores (Van der Aalst, Schonenberg y Song 2011).

1.4.3.4. Análisis de Gráfico de Puntos

Dotted Chart Analysis (DCA), aunque en realidad no es una técnica de MP, se puede posicionar como una técnica de descubrimiento. Sin embargo, a diferencia de las técnicas existentes, hace hincapié en

la dimensión temporal y no pone ningún requisito en la estructura del proceso. Proporciona una "vista de helicóptero" útil y puede usarse para localizar rápidamente problemas de rendimiento (Minseok Song y Wil M. P. van der Aalst 2011).

DCA devuelve un gráfico semejante a los diagramas de Gantt, permite la visualización de las instancias contenidas en el registro de eventos, que son descritas como puntos en un plano en el que una dimensión hace referencia a casos y la otra al tiempo de ejecución de eventos (Minseok Song y Wil M. P. van der Aalst 2011). Tiene como objetivo ayudar en el análisis de rendimiento de procesos al representar los eventos gráficamente y calcular indicadores de desempeño.

Entre las funcionalidades que ofrece esta técnica están mostrar:

- La posición del primer evento en el registro.
- La posición del último evento en el registro.
- Promedio de propagación.
- Propagación mínima.
- Extensión máxima.

Esta técnica puede ser aplicada a la mayoría de los sistemas de información que generen registro de eventos, se utilizan principalmente para auditar y controlar procesos (Minseok Song y Wil M. P. van der Aalst 2011). Al analizarse adecuadamente un registro con esta técnica, se puede obtener un gran conocimiento lo que ayuda a las organizaciones a mejorar considerablemente la calidad de sus servicios.

1.4.4. Resultado del análisis realizado

La tabla siguiente muestra el resultado obtenido de analizar las técnicas de MP para realizar análisis de tiempo.

Tabla 2 Comparación de técnicas de minería de procesos para el análisis de tiempo.

Fuente: (Elaboración propia)

Técnica	Muestra gráfico de tiempo	Calcula indicadores de desempeño en tiempo
----------------	----------------------------------	---

<i>Replay PC</i>	No	Si
<i>TS Analyzer</i>	No	No
IVM	No	No
DCA	Si	Si

A partir del estudio realizado los autores consideran que *Dotted Chart Analysis* es la técnica más adecuada para realizar un análisis de tiempo de los procesos de SIPAC.

1.5. Ambiente de desarrollo

Para el desarrollo del componente se propone el siguiente ambiente de desarrollo:

Lenguaje de programación: Java v1.6

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos. Robusto, pues no permite el manejo directo del *hardware* ni de la memoria. Dentro de sus principales ventajas se encuentra la de ser multiplataforma. Tiene muchas similitudes con el lenguaje C y C++ (Orozco Aguirre Hector Rafael 2015). La principal característica de Java es la de ser un lenguaje compilado e interpretado. Todo programa en Java ha de compilarse y el código que se genera es interpretado por una máquina virtual.

Java Platform Enterprise Edition v5.0

Java Platform Enterprise Edition (JavaEE) es una plataforma de programación (parte de la Plataforma Java) para desarrollar y ejecutar software de aplicaciones en lenguaje de programación Java con arquitectura de N niveles distribuida (Franky, Toro y López 2010). Se basa ampliamente en componentes de software modulares y se ejecuta sobre un servidor de aplicaciones.

Java Runtime Environment

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

y está compuesto además por las librerías de clases estándar que implementan el API³ de Java. Ambas JVM y API deben ser consistentes entre sí, de ahí que sean distribuidas de modo conjunto (Orozco Aguirre Hector Rafael 2015).

JFreeChart v1.0.19

Es una librería gráfica de Java gratuita que proporciona objetos y algoritmos gráfico, bajo la licencia GNU. *JFreeChart* proporciona funcionalidad para la visualización e interacción con gráficos. Algunos ejemplos de aplicaciones que es posible escribir con ella son un editor de flujo de trabajo, un organigrama, una herramienta de modelado de procesos de negocio, una herramienta UML. Además, se puede exportar a formatos como SVG (Gráficos vectoriales), XML, PNG, JPEG y otros (David Gilbert 2014).

Visual Paradigm v8.0

Visual Paradigm es una herramienta CASE (Ingeniería de Software Asistida por Computación por sus siglas en inglés): propicia un conjunto de ayudas para el desarrollo de programas informáticos, desde la planificación, pasando por el análisis y diseño, hasta la generación de código fuente de los programas y la documentación. Tienen como objetivo fundamental, soportar el ciclo de vida completo del proceso de desarrollo de software, a través de la representación de todo tipo de diagramas (*Visual Paradigm for UML (ME) 2007*). Para el desarrollo de los artefactos ingenieriles se utiliza *Visual Paradigm* en su versión 8.0 por sus características y las ventajas que ofrece.

Lenguaje Unificado de Modelado

Lenguaje Unificado de Modelado (UML, por sus siglas en inglés) es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad. Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software. UML ofrece un estándar para describir un "plano" del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocios y funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de

³ Del inglés: Application Programming Interface, es un conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes de software reutilizables (Larman 1999).

Entorno Integrado de Desarrollo NetBeans 8.2

Un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés) es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Los *IDEs* pueden ser aplicaciones por sí solas o pueden ser parte de aplicaciones existentes. Proveen un marco de trabajo amigable para la mayoría de los lenguajes de programación. NetBeans es un proyecto de código abierto de gran éxito con una gran base de usuarios, una comunidad en constante crecimiento, y con cerca de 100 socios en todo el mundo (Benson, Muller-Prove y Mzourek 2004).

Conclusiones del capítulo

El análisis realizado sobre las características de SIPAC comprobó la necesidad de contar con una alternativa para evaluar el comportamiento en función del tiempo de los procesos del sistema. La MP posee las potencialidades necesarias para efectuar análisis de tiempo a partir de los datos de eventos contenidos en sistemas de información. DCA constituye la técnica más idónea para obtener conocimientos sobre los tiempos de ejecución de los procesos de SIPAC.

Capítulo 2 Propuesta de solución

Introducción al capítulo

El objetivo fundamental del capítulo es describir la técnica DCA, sus entradas, salidas, dependencias y vistas de resultados. Se describe la propuesta de solución y se abordan los aspectos principales de la realización del componente para el análisis del tiempo de los procesos del SIPAC., se describe el flujo de información y se muestra el procedimiento seguido para el desarrollo del mismo.

2.1. Dotted Chart Analysis

La técnica tiene como entrada un registro de eventos y posee como salida un gráfico de puntos muy similar a un diagrama de Gantt. En el gráfico, como se muestra en la figura 2, un punto representa un único evento en el registro. El mismo tiene dos dimensiones ortogonales: (1) tiempo y (2) tipos de componentes. El tiempo se mide en el eje horizontal del gráfico, mientras que, a lo largo del eje vertical, los tipos de componentes.

Los eventos se reorganizan basándose en los tipos de componentes. Por ejemplo, la figura 4 (a) muestra el gráfico de puntos usando tareas como tipos de componentes, es decir, cada "fila" corresponde a una tarea y los puntos muestran los tiempos en los que el suceso correspondiente a este tipo tiene lugar. La figura 4 (b) usa instancias de proceso como tipos de componentes, es decir, cada fila corresponde a un caso particular (por ejemplo, paciente, orden, aplicación, etc.).

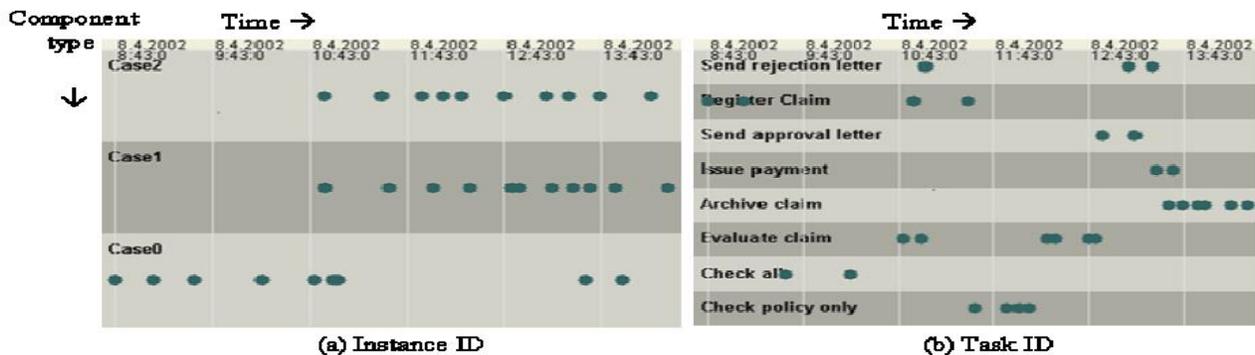


Figura 4 Ejemplo de salida de DCA.

Fuente: (Minseok Song y Wil M. P. van der Aalst 2011)

Esta técnica ofrece múltiples opciones de tiempo. Estas opciones determinan la posición del evento en la dimensión de tiempo horizontal (Minseok Song y Wil M. P. van der Aalst 2011). Estas son:

- “Opción de tiempo relativo” y consiste en el uso de marcas de tiempo real, es decir, el momento en el que el evento sucedió realmente es usado en la posición del punto correspondiente.
- “Opción proporción relativa”, permite extender cada caso para terminar al mismo tiempo. De esta forma se puede ver la distribución relativa de los eventos dentro de cada instancia de proceso.
- “Opción lógica”, ordena los eventos según la marca de tiempo y les otorga un número secuencialmente. Por ejemplo, el primer evento tiene el número 0, el segundo el número 1 y así sucesivamente.
- “Opción lógica relativa”, combina la idea de las marcas de tiempo, pero comenzando todas las instancias en el tiempo 0.

DCA muestra la propagación de eventos en un registro de eventos. Por esta razón, es difícil mostrar valores de rendimiento tradicionales, tales como tiempos y tiempos de ejecución de las tareas en espera. Sin embargo, puede proporcionar las métricas para cada componente (Minseok Song y Wil M. P. van der Aalst 2011).

Existen dos tipos de métricas de rendimiento, como se aprecia en la figura 5, (1) las métricas para el registro de eventos en general y (2) las métricas para cada componente. Para el registro global de eventos, (a) la posición del primer evento en el registro, (b) la posición del último evento en el registro, (c) diferencial medio, (d) tasas mínimas, y (e) la extensión máxima, que puede ser calculada. Para cada tipo de componente, (1) la posición del primer evento en un componente, (2) la posición del último evento en un componente, (3) intervalo medio entre eventos, (4) intervalo mínimo entre eventos, y (5) máximo intervalo entre los eventos, que se puede calcular (Minseok Song y Wil M. P. van der Aalst 2011).

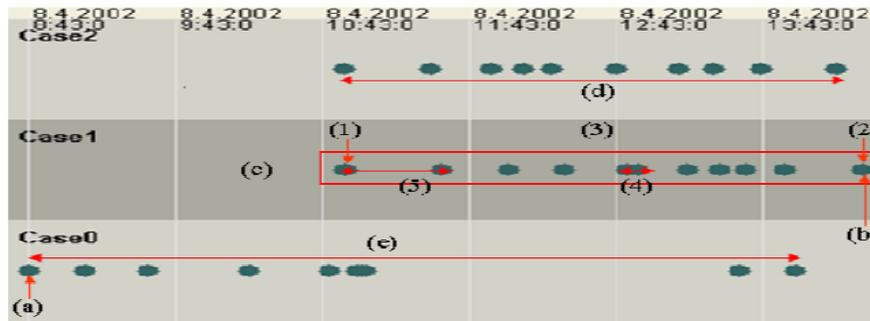


Figura 5 Métricas de rendimiento proporcionadas por DCA.

Fuente: (Minseok Song y Wil M. P. van der Aalst 2011)

La utilización de estas métricas proporcionadas por DCA garantiza conocer datos claves, tanto de un proceso determinado como de un conjunto de estos, tales como el momento en que comienza y termina dicho proceso, la duración media, máxima y mínima del mismo, así como si existe una sobrecarga o no de este, etc. (Minseok Song y Wil M. P. van der Aalst 2011). Esto posibilita realizar un diagnóstico del comportamiento de indicadores tales como la sistematicidad y periodicidad con que se realiza dicho proceso, con el objetivo de apoyar a la toma de decisiones en una organización.

2.2. Registro de eventos de SIPAC

SIPAC genera en su base de datos un histórico donde almacena un registro de acciones de cada usuario, esta información es insuficiente porque no se sabe a qué procesos pertenecen los registros en esta tabla y solamente se puede interpretar la acción que se realizó. No se almacena toda la información necesaria para realizar un posterior análisis de cómo se ejecutan los procesos en el sistema (González 2016).

Los registros de eventos de los procesos son el tipo de traza que posee la información suficiente para realizar estudios utilizando técnicas de minería de procesos (Yzquierdo-Herrera 2013). Sobre esta base fue implementada una solución enfocada en la configuración de registros de eventos por un usuario a partir de las trazas que genera SIPAC y luego exportarlas a formato XES. La misma se encarga de extraer los procesos Elaboración del plan, Aprobación y conciliación, Puntualización, Ejecución y control del plan, y Evaluación de los objetivos del sistema mediante registros. Estos contienen la información suficiente y necesaria para realizar el análisis de dichos procesos.

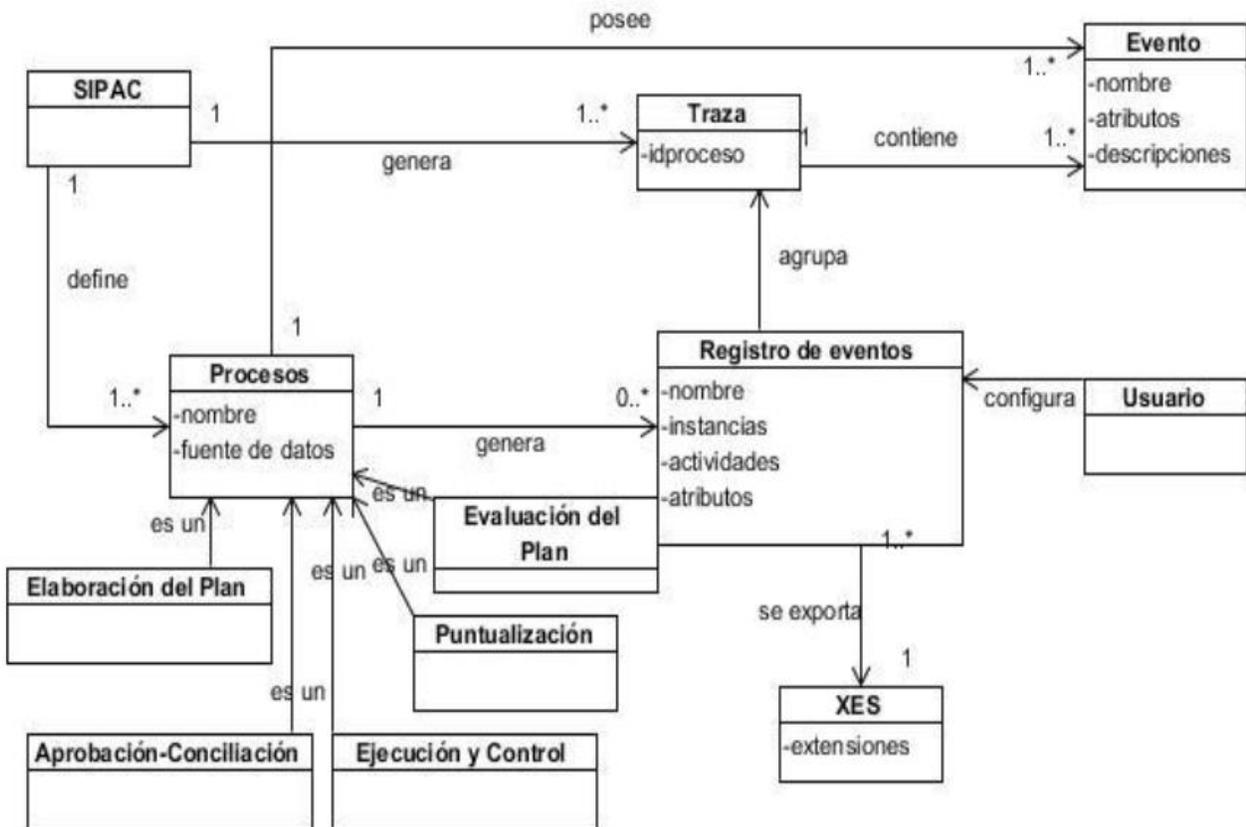


Figura 6 Modelo conceptual de los registros de eventos de SIPAC.

Fuente: (González 2016)

2.3. Descripción de la propuesta de solución

SIPAC cuenta con una base de datos en la que almacena la información relacionada con la ejecución de sus procesos. Cuenta además con un componente para la extracción y transformación de las trazas de la base de datos, el cual genera un registro de eventos. Dicho registro de eventos es interpretado por el componente DCA. Este utiliza como entrada dicho registro de eventos y posee como salida un gráfico de puntos muy similar a un diagrama de Gantt. A partir del cual es posible analizar el tiempo de ejecución de los procesos del SIPAC para ayudar a la toma de decisiones.

La figura 7 muestra el diagrama de componentes del componente para el análisis de los procesos de SIPAC desde la perspectiva tiempo.

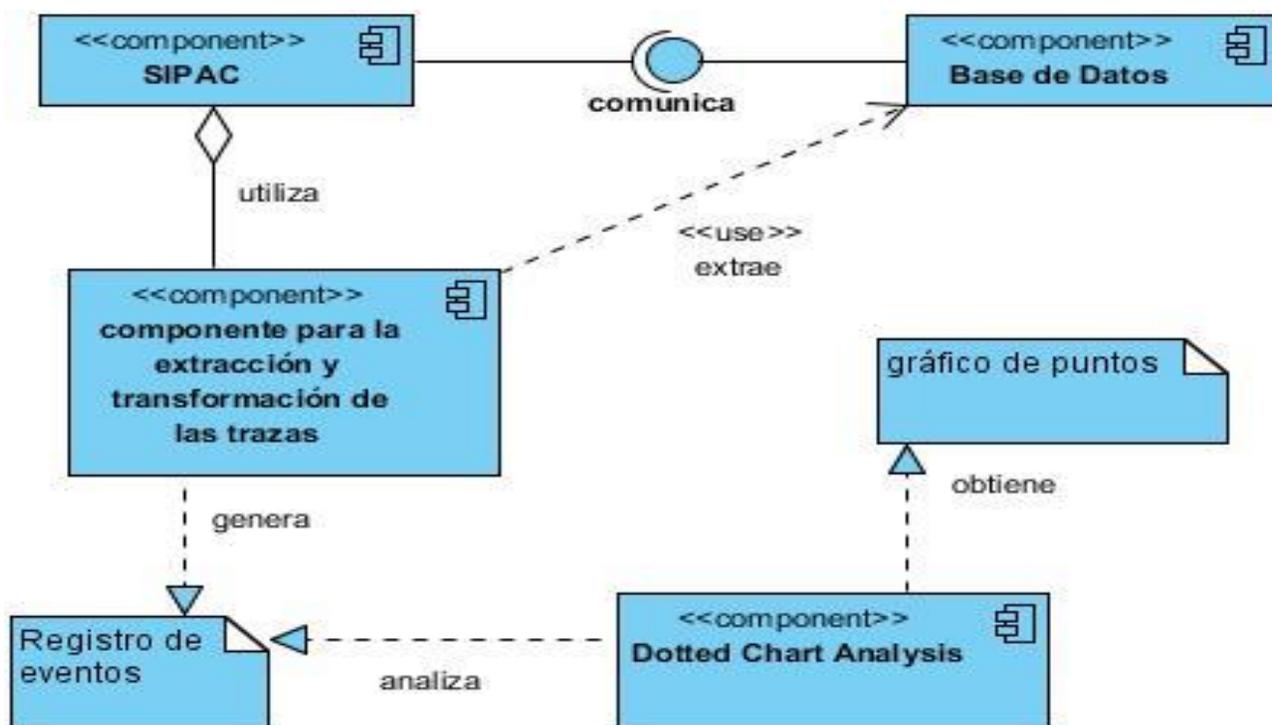


Figura. 7 Diagrama de componentes del componente para el análisis de los procesos de SIPAC desde la perspectiva tiempo.

Fuente: (Elaboración propia)

Con el desarrollo del componente para el análisis del rendimiento en el tiempo de ejecución de los procesos del SIPAC se podrán analizar los procesos del sistema con respecto a la perspectiva tiempo. Para lograr este objetivo, primeramente, se mostrará un gráfico de puntos en el que aparecerán representados los eventos del registro de eventos con respecto al tiempo como está definido en la técnica original. A partir de este punto se le incluye o aporta:

- ✓ Una leyenda con el objetivo de facilitar la comprensión del gráfico obtenido.
- ✓ Se garantizará la pre configuración de los indicadores utilizados por la técnica con el objetivo de evitarle este paso al usuario.

2.4. Arquitectura y patrones de diseño

La arquitectura con la que se propone trabajar es basada en componentes. La misma permite reutilizar piezas de código preelaborado que permiten realizar diversas tareas, conllevando a diversos beneficios como las mejoras a la calidad, la reducción del ciclo de desarrollo y el mayor retorno sobre la inversión (Terreros 2017). La misma ofrece como ventajas:

- **Reutilización del software.** Permite alcanzar un mayor nivel de reutilización de software.
- **Simplifica las pruebas.** Permite que las pruebas sean ejecutadas probando cada uno de los componentes antes de probar el conjunto completo de componentes ensamblados.
- **Simplifica el mantenimiento del sistema.** Cuando existe un débil acoplamiento entre componentes, el desarrollador es libre de actualizar y/o agregar componentes según sea necesario, sin afectar otras partes del sistema.
- **Mayor calidad.** Dado que un componente puede ser construido y luego mejorado continuamente por un experto u organización, la calidad de una aplicación basada en componentes mejorará con el paso del tiempo.

Los patrones de diseño tratan los problemas que se repiten y que se presentan en situaciones particulares del diseño, con el fin de proponer soluciones a ellas. Estos expresan esquemas para definir estructuras de diseño (o sus relaciones) con las que construir sistemas de software. Brindan una solución ya probada y documentada a problemas de desarrollo de software que están sujetos a contextos similares, para esto debemos tener presente los siguientes elementos de un patrón: su nombre, el problema, la solución y las consecuencias. Los patrones de diseño permiten identificar las clases, instancias, roles, colaboraciones y la distribución de responsabilidades (Tabares 2011).

En el diseño propuesto, fueron utilizados varios patrones, los GRASP (traducido al español Patrones Generales de Software de Asignación de Responsabilidades) y los GoF (traducido al español Grupo de Cuatro) con el objetivo de dar solución y tratar de evitar problemas que pudiesen aparecer a medida que avanza la implementación de la solución.

2.4.1. Patrones de diseño GoF

Patrón singleton

El patrón *singleton* como se muestra en la Figura 8 asegura que exista una única instancia de una clase. A primera vista, se puede interpretar que pueden utilizarse clases con miembros estáticos para el mismo fin; más los resultados no son los mismos, ya que en este caso la responsabilidad de tener una única instancia recae en el cliente de la clase (Stencel y Węgrzynowicz 2008).

El patrón *singleton* hace que la clase sea responsable de su única instancia, quitando así este problema a los clientes. El funcionamiento de este patrón es muy sencillo y podría reducirse a los siguientes conceptos (Stencel y Węgrzynowicz 2008):

- Ocultar el constructor de la clase singleton, para que los clientes no puedan crear instancias.
- Declarar en la clase *singleton* una variable miembro privada que contenga la referencia a la instancia única que queremos gestionar.
- Proveer en la clase singleton una función o propiedad que brinde acceso a la única instancia gestionada por el *singleton*. Los clientes acceden a la instancia a través de esta función o propiedad.

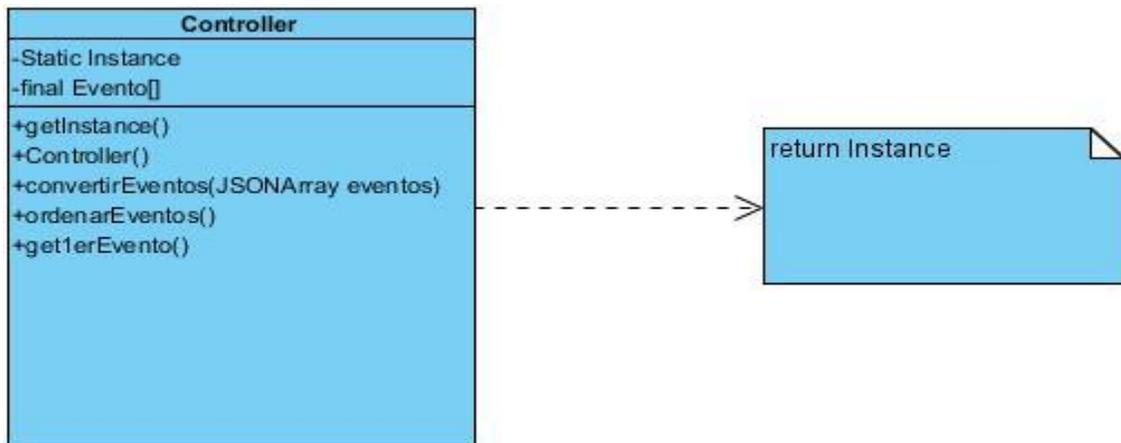


Figura 8 Patrón singleton.

Fuente: (Elaboración propia)

El uso de este patrón se ve reflejado en la propuesta de solución mediante la clase *dcaFormulario* y la clase *Controller*.

```

private cController(JSONArray eventos) throws JSONException, ParseException {
    ev = new Evento[eventos.length()];
    try {
        ConvertirEventos(eventos);
        OrdenarEventos();
    } catch (JSONException | ParseException jSONException) {
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "La zona horaria del registro de eventos no es correcta.", "Registro de Eventos no válido",
        exit();
    }
}
}

```

Figura 9 Aplicación del patrón Singleton. Constructor de la clase.

Fuente: (Elaboración propia).

```

public static cController getInstance(JSONArray eventos) throws JSONException, ParseException {

    if (null == Instance) {
        Instance = new cController(eventos);
        return Instance;
    }
    try {
        Instance.ConvertirEventos(eventos);
        Instance.OrdenarEventos();
    } catch (JSONException | ParseException jSONException) {
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "La zona horaria del registro de eventos no es correcta.", '
    }
    return Instance;
}
}

```

Figura 10 Aplicación del patrón Singleton. Método getInstance.

Fuente: (Elaboración propia).

Patrón fachada

El patrón de diseño estructural Fachada tiene como propósito simplificar el acceso a un conjunto de objetos proporcionando uno que todos los clientes pueden usar para comunicarse con el conjunto. Tiene como objetivo minimizar las comunicaciones y dependencias entre componentes (Larman 1999).

Normalmente sólo hace falta un objeto fachada, por lo cual suele implementarse como *singleton*. A continuación, en la figura 11 se muestra un ejemplo de cómo funciona el patrón fachada. El uso de este patrón se evidencia en la clase dcaFormulario.

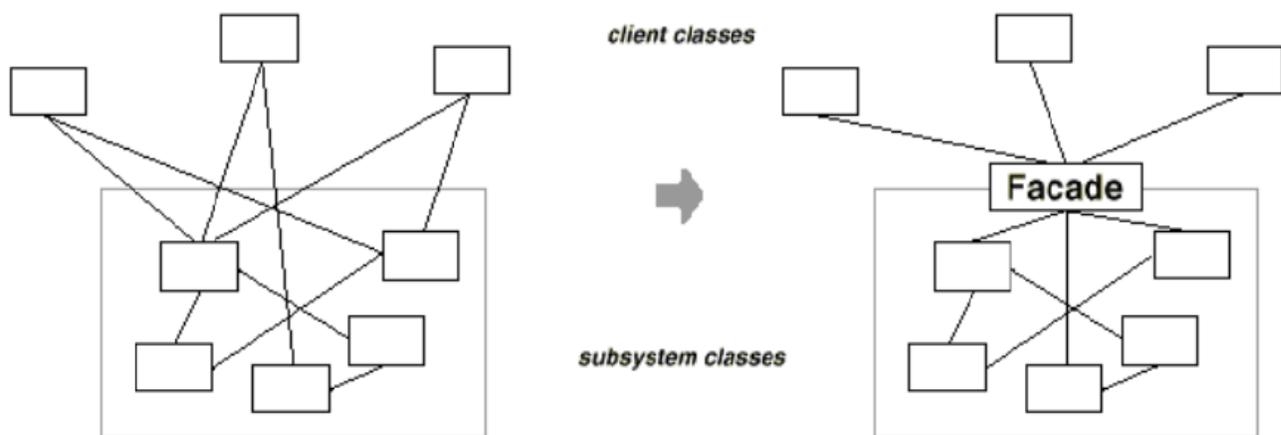


Figura 11 Funcionamiento del Patrón Fachada.

Fuente: (Buschmann et al. 1996)

2.4.2. Patrones de asignación de responsabilidades

Patrón bajo acoplamiento

Este patrón expresa que entre las clases deberán existir pocas ataduras, es decir, estas estarán lo menos relacionadas posible, de forma tal que, en caso de producirse una modificación en alguna de ellas, se tenga la mínima repercusión posible en el resto de las clases, incrementando la reutilización y disminuyendo la dependencia entre las clases (Kaisler, Armour y Valivullah 2005).

La arquitectura que se quiere proponer posee un bajo acoplamiento entre los componentes ya que la dependencia entre clases es mínima. El uso de este patrón queda evidenciado en la poca relación que existe entre las clases que conforman el componente.

Patrón alta cohesión

Plantea que la información que almacena una clase debe de ser coherente y está en la mayor medida de lo posible relacionada con la clase. La cohesión es una medida de cuán relacionadas y enfocadas están las responsabilidades de una clase (Larman 1999). Este patrón fue utilizado en el diseño del paquete de funcionalidad de manera general.

Patrón creador

Se encarga de guiar la asignación de responsabilidades relacionadas con la creación de objetos. Su intención es encontrar un creador que necesite conectarse al objeto creado en alguna situación (Kaisler, Armour y Valivullah 2005). El uso de este patrón queda evidenciado en la clase Controller, la cual crea las instancias de la clase Evento para poder usar sus funcionalidades.

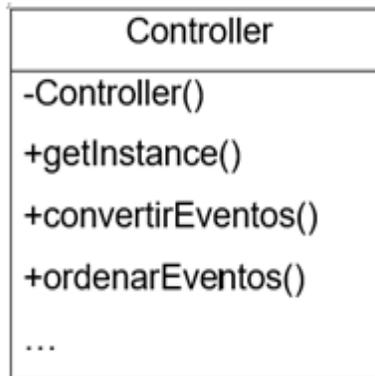


Figura 12 Aplicación del patrón creador. Clase Controller.

Fuente: (Elaboración propia).

Patrón experto

Se encarga de asignar una responsabilidad al experto en información: la clase que cuenta con la información necesaria para cumplir la responsabilidad. Este patrón se utiliza con frecuencia en la asignación de responsabilidades; es un principio de guía básico que se utiliza continuamente en el diseño de objetos (Kaisler, Armour y Valivullah 2005). El uso de este patrón queda evidenciado en la clase Evento, la cual contiene la información necesaria para crear los eventos.

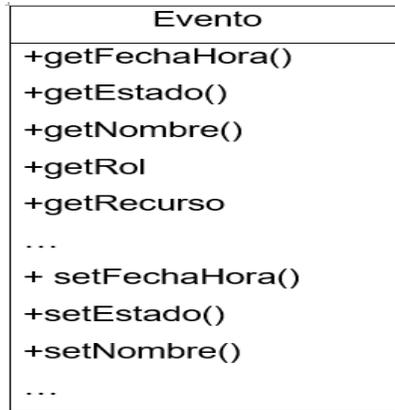


Figura 13 Aplicación del patrón experto. Clase Evento.

Fuente: (Elaboración propia).

Patrón controlador

El patrón controlador funciona como intermediario entre una determinada interfaz y el algoritmo que la implementa, de tal forma que es la interfaz quien recibe los datos del usuario y los envía a las distintas clases según el método invocado (Kaisler, Armour y Valivullah 2005).

El uso de este patrón queda evidenciado en la clase *Controller*, la cual es el intermediario entre la interfaz de la aplicación y la implementación de los métodos (ver figura 11).

2.5. Implementación de la propuesta de solución

A continuación, se describe el proceso llevado a cabo durante la implementación del componente desarrollado, así como la definición de los estándares de codificación utilizados.

2.5.1. Estándares de codificación

Un estándar de código se basa en la organización y aspecto físico de un software con el objetivo de facilitar la lectura, entendimiento, mantenimiento del código, reutilización a lo largo del proceso de desarrollo y no en la lógica del programa (Calleja 2009).

Un estándar de programación no busca únicamente definir la nomenclatura de las variables, objetos, métodos y funciones, sino que además incluye reglas para el orden y legibilidad del código escrito. Teniendo como punto de partida lo anteriormente expuesto se definen 3 partes principales dentro de

un estándar de programación (Calleja 2009). A continuación, se procede a describir los estándares de codificación utilizados en la implementación del componente.

2.5.1.1. Nomenclatura de las clases

Los nombres de las clases comienzan con la primera letra en mayúscula y el resto en minúscula, en caso de que sea un nombre compuesto se empleará notación *PascalCasing*, esta especifica que los identificadores y nombres de variables, métodos y funciones que están compuestos por múltiples palabras juntas, deben iniciar cada palabra con letra mayúscula, lo que posibilita que con sólo leerlo se reconozca el propósito de la misma (Vidoni y Vecchiatti 2014).

Ejemplo: *DcaFormulario* En este caso el nombre de clase está compuesto por 2 palabras iniciadas cada una con letra mayúscula.

2.5.1.2. Nomenclatura de las funcionalidades y atributos

El nombre a emplear para las funciones y los atributos se escribe con la inicial del identificador en minúscula, en caso de que sea un nombre compuesto se empleará notación *CamelCasing* que es similar a la antes mencionada: *PascalCasing* con la excepción de la primera letra.

Ejemplo de método: *dibujaGrafica*. El nombre de método está compuesto por 2 palabras, la primera en minúsculas y la siguiente iniciando con letra mayúscula.

2.5.1.3. Nomenclatura de los comentarios

Los comentarios deben ser lo suficientemente claros y concisos para que se entienda el propósito de lo que se está desarrollando. En caso de ser una función complicada se debe comentar su interior para lograr una mejor comprensión del código.

2.5.2. Componente para el análisis del tiempo de los procesos de SIPAC

Librerías utilizadas

Para el desarrollo satisfactorio del componente fueron utilizadas un grupo de librerías. El uso de estas posibilitó la obtención de un componente que cumpliera con las necesidades del cliente. Las mismas son:

1. jFreeChart.jar v1.0.19 (David Gilbert 2014)

Es una biblioteca gratuita de gráficos desarrollada 100% en Java. El amplio conjunto de funciones de *JFreeChart* incluye:

- Una API consistente y bien documentada, que soporta una amplia gama de tipos de gráficos;
- Un diseño flexible que es fácil de extender y apunta tanto a las aplicaciones del lado del servidor como del lado del cliente;
- Soporte para muchos tipos de salida, incluyendo componentes *Swing* y JavaFX, archivos de imagen (incluyendo PNG y JPEG) y formatos de archivo de gráficos vectoriales (incluyendo PDF, EPS y SVG);

JFreeChart es de código abierto o, más específicamente, de software libre. Se distribuye bajo los términos de la Licencia Pública General Menor de GNU (LGPL), que permite su uso en aplicaciones propietarias.

2. json.jar v1.1.1 (Korotkevitch 2016).

JSON (JavaScript Object Notation) es un formato ligero de intercambio de datos. Es un formato de texto que es completamente independiente del lenguaje, pero utiliza convenciones que son familiares a los programadores de la familia de lenguajes C, incluyendo C, C ++, C #, Java, JavaScript, Perl, *Python* y muchos otros. Estas propiedades hacen de .json un lenguaje de intercambio de datos ideal, .json está construido sobre dos estructuras:

- Una colección de pares nombre / valor. En varios idiomas, esto se realiza como un objeto, registro, estructura, diccionario, tabla hash, lista con clave o matriz asociativa.
- Una lista ordenada de valores. En la mayoría de los idiomas, esto se realiza como una matriz, vector, lista o secuencia.

Esta librería es utilizada para la conversión de los registros de eventos generados en formato .xes al formato .json, con el objetivo de facilitar su serialización.

3. gson.jar v2.3 (Komatineni y MacLean 2013)

Es una biblioteca Java que se puede utilizar para convertir objetos Java en su representación .json y viceversa. Objetivos de esta librería:

- Proporcionar métodos simples toJson y fromJson para convertir objetos Java en .json y viceversa.
- Permitir que los objetos no modificables preexistentes sean convertidos a/y desde .json.
- Permitir representaciones personalizadas para objetos.
- Soporta objetos arbitrariamente complejos (con jerarquías de herencia profunda y uso extensivo de tipos genéricos).

Esta librería es utilizada para la conversión del arreglo .json que contiene el registro de eventos a objetos java con el objetivo de facilitar el acceso a la información contenida en estos.

2.5.2.1. Desarrollo del componente

Durante el desarrollo del componente fue creado el paquete dcaUCI, dentro del cual fueron implementadas las clases Controller y Evento junto al formulario DcaFormulario. Este formulario contiene los componentes y métodos necesarios para la visualización de los resultados de la aplicación de la técnica. Para esto utiliza los métodos proporcionados por la clase Controller. La clase Controller contiene todos los métodos encargados de procesar la información contenida en el registro de eventos accediendo a esta mediante los métodos proporcionados por la clase Evento. La clase *Evento* contiene la información de los eventos del registro. Cuenta, además, con los métodos necesarios para brindar el acceso a estos datos.

Funcionamiento del componente para realizar el análisis de tiempo de los procesos de SIPAC:

1. Como punto de partida se debe obtener un registro de eventos en formato .xes mediante el extractor que ya fue implementado para SIPAC.
2. Es necesario importar este registro de eventos en formato .xes desde la vista principal de la herramienta de minería de procesos desarrollada para SIPAC, la cual contiene el Análisis gráfico de puntos entre las técnicas implementadas.
3. Una vez importado el registro de eventos la librería json.jar se encarga de convertir el registro de eventos del formato .xes al formato .json, almacenando los eventos en un JSONArray (arreglo .json).
4. Seleccionar en la vista principal la técnica Dotted Chart Analysis (Análisis Gráfico de Puntos). La cual recibe como parámetro en el método singleton getInstance el .JSONArray, el cual devuelve una instancia del formulario DcaFormulario.

```

JJson json = new JJson(this.file);
this.eventos = json.getEventos();

DcaFormulario dcaFormulario = DcaFormulario.getInstance(eventos);
if (!dcaFormulario.isVisible()) {

    dcaFormulario.show();
}

```

Figura 14 Método que convierte el .xes a .json. y crea una instancia de DcaFormulario.

Fuente: (Elaboración propia).

5. Luego el formulario *DcaFormulario* se encarga de convertir el JSONArray a un arreglo de objetos de tipo *Evento* mediante el uso de una instancia singleton de la clase *Controller*.

```

private void convertirEventos(JSONArray eventos) throws JSONException {

    Gson gson = new Gson();
    for (int i = 0; i < eventos.length(); i++) {
        JSONObject j1 = eventos.getJSONObject(i);
        ev[i] = gson.fromJson(j1.toString(), Evento.class);
    }
}

```

Figura 15 Método convertirEventos.

Fuente: (Elaboración propia).

- Esta se encarga de convertir el registro de eventos y ordenarlos por fecha en orden cronológico mediante el método *ordenarEventos*.

```
private void ordenarEventos() throws ParseException {  
    Date aux;  
    Date aux1;  
    Evento eventAux;  
    for (int i = 0; i < ev.length; i++) {  
        for (int j = i + 1; j < ev.length; j++) {  
            aux = formatter.parse(ev[i].getFechaHora());  
            aux1 = formatter.parse(ev[j].getFechaHora());  
            if (aux.after(aux1)) {  
                eventAux = ev[i];  
                ev[i] = ev[j];  
                ev[j] = eventAux;  
            }  
        }  
    }  
}
```

Figura 16 Método ordenarEventos.

Fuente: (Elaboración propia).

- Luego esta clase se encarga de generar los *datasets* (conjuntos de datos) utilizados por los métodos para graficar los eventos.

```

public XYDataset createDatasetxProceso() throws ParseException {

    TimeSeriesCollection dataset = new TimeSeriesCollection();
    ArrayList tips = new ArrayList();
    HashMap<String, String> hm = new HashMap<>();
    for (int i = 0; i < ev.length; i++) {

        if (!hm.containsValue(ev[i].getNombre())) {
            hm.put("Proceso" + i, ev[i].getNombre());
            TimeSeries pop = new TimeSeries(ev[i].getNombre(), FixedMillisecond.class);
            for (Evento ev1 : ev) {
                if (ev1.getNombre().equals(ev[i].getNombre())) {
                    String asa = ev1.getFechaHora();
                    Date date = formatter.parse(asa);
                    try {
                        pop.add(new FixedMillisecond(date), ev1.getTrace());
                        tips.add("Proceso: " + ev1.getNombre() + ", con fecha: " + date.toGMTString() + ", del recurso: " + ev1.getRecurso() + ".");
                    } catch (Exception e) {
                    }
                }
            }
            dataset.addSeries(pop);
            cttGen.addToolTipSeries(tips);
        }
    }
    return dataset;
}

```

Figura 17 Método createDatasetxProceso.

Fuente: (Elaboración propia).

- Los métodos *create* y *createBarChart* se encargan de procesar los *dataset* y de crear los gráficos que serán visualizados por el formulario *DcaFormulario*.

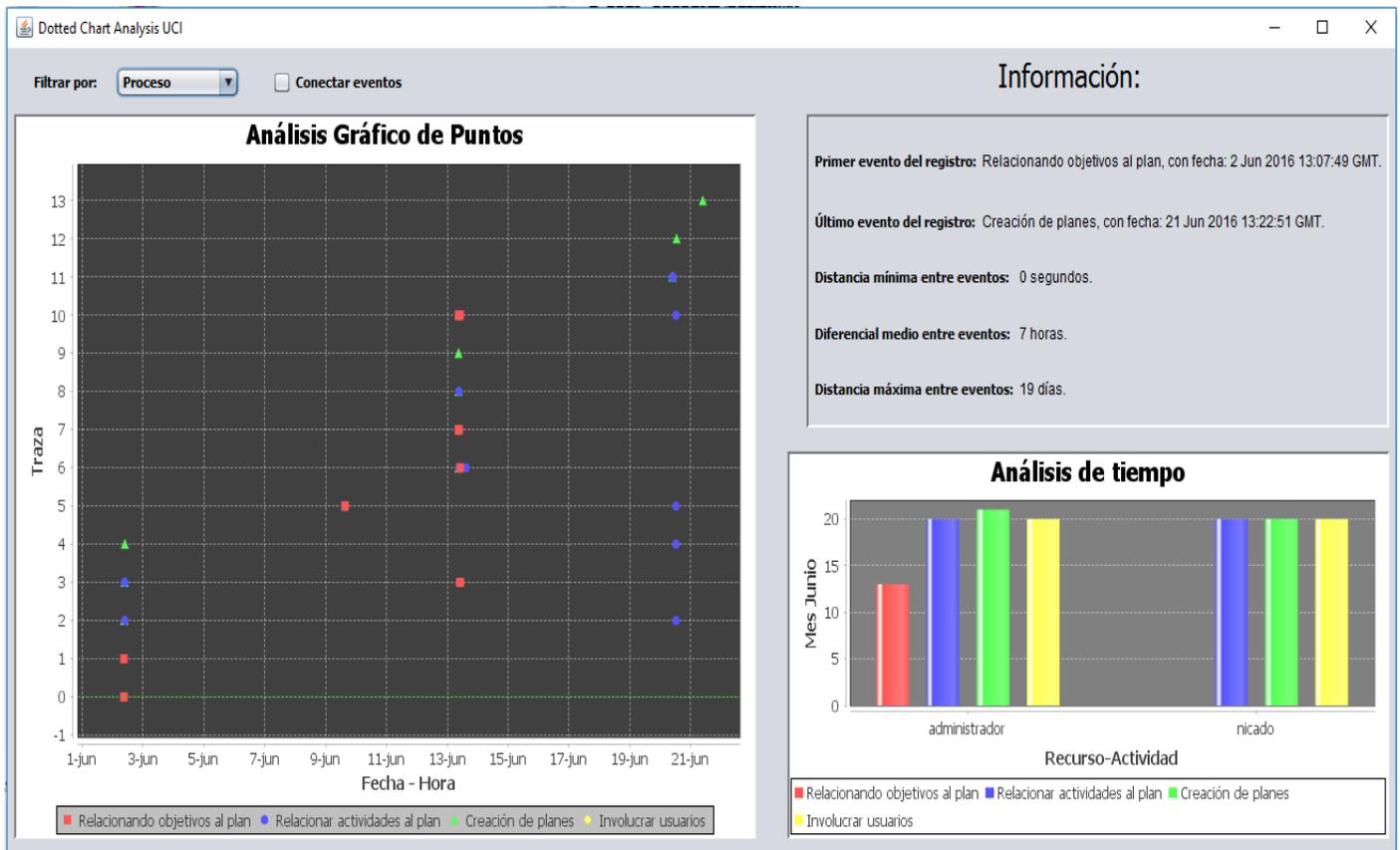


Figura 18 Interfaz de la técnica Dotted Chart Analysis UCI.

Fuente: (Elaboración propia).

2.5.2.2. Funcionalidades adicionales

Como funcionalidades adicionales fueron implementadas un grupo de opciones con el objetivo de complementar el análisis realizado por el usuario decisor. Entre estas están:

- Filtrado del gráfico de puntos: El usuario podrá decidir entre tres formas de mostrar los eventos: vista por procesos, vista por recurso y vista por rol. En dependencia de la opción seleccionada serán mostrados los eventos por el gráfico.
- Gráfico de puntos ampliable: Se implementó una funcionalidad que posibilita realizar zoom al gráfico de puntos, ya sea mediante el Scroll del mouse o mediante la selección de un área determinada del gráfico, posibilitando la disgregación de los eventos con el objetivo de lograr una mayor comprensión del mismo.

- Conectar los eventos: Fue implementada una funcionalidad que le permite al usuario decidir si mostrar los eventos conectados o no. Brindando la posibilidad de mostrar los eventos como un flujo continuo.
- Panel de información: Se ofrece de forma dinámica la información concerniente al registro de eventos analizado. Consistente en el cálculo de indicadores de rendimiento tales como: Datos del 1er y último evento del registro, distancia mínima y máxima entre eventos, así como el diferencial medio entre eventos.
- Información adicional en forma de gráficos: se muestran las actividades que son realizadas por los diversos recursos, mediante el uso de otros gráficos tales como un gráfico de barras, etc.

Conclusiones del capítulo

- El uso de los patrones de diseño, permitió organizar la implementación de la propuesta de solución.
- La implementación de la solución propuesta posibilitará agilizar el análisis del rendimiento en el tiempo de los procesos del SIPAC a partir de su registro de eventos.

Capítulo 3 Validación de la solución propuesta

Introducción al capítulo

En el presente capítulo se realiza la validación de la propuesta de solución a partir de los métodos y técnicas definidos. Con este objetivo se realiza un caso de estudio para comprobar la efectividad de la propuesta al posibilitar el análisis de tiempo de los procesos de SIPAC. Se mostrarán los resultados arrojados de comparar el proceso de análisis de un registro de eventos, obtenidos con el componente *Dotted Chart Analysis* de ProM y con la personalización del mismo en SIPAC respectivamente. Se aplica la técnica ladov para evaluar el Índice de satisfacción grupal de usuarios.

3.1. Aplicación de un caso de estudio

Para validar los resultados del desarrollo de la solución propuesta, se aplicó un caso de estudio. Su objetivo es comparar los resultados obtenidos de aplicar la técnica *Dotted Chart Analysis* en la herramienta ProM en su versión 6.5.1, con los resultados obtenidos de utilizar la técnica de análisis gráfico de puntos implementada para SIPAC.

En este caso de estudio se utilizó un registro de eventos generado por el componente de extracción para el proceso “Elaboración del plan” con fecha de inicio 2 de junio de 2016 a las 09:12:43 am y fecha de fin 21 de junio del 2016 a las 09:22:51 am. Este registro de eventos posee 14 casos y 60 eventos. A partir de este registro de eventos se evaluará la propuesta de solución de la presente investigación, con respecto a su similar del marco de trabajo ProM.

Para ejecutar el pre-experimento se confeccionó el siguiente procedimiento.

Pasos para aplicar la técnica *Dotted Chart Analysis* desde ProM.

- **Paso 1.** Extraer el registro de eventos a partir de los *plugins* XESAME eventfier o equivalentes.
- **Paso 2.** Importar registro de eventos en ProM.

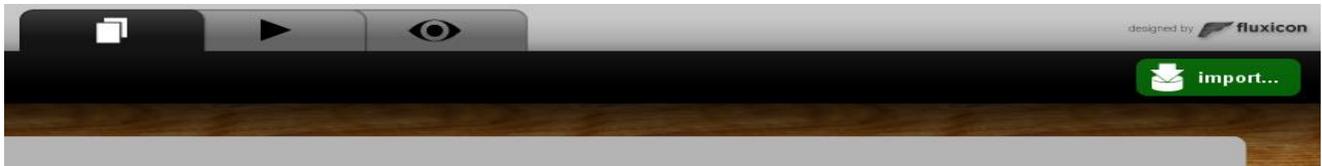


Figura 19 Importar registro de eventos en ProM.

Fuente: Marco de trabajo ProM.

- **Paso 3.** Seleccionar la opción “Vistas” (*Views*), representada por el ícono con forma de ojo.

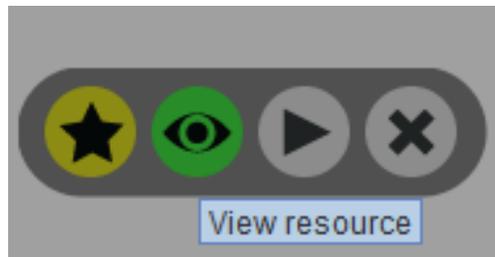


Figura 20 Seleccionar la opción "Vistas".

Fuente: Marco de trabajo ProM.

- **Paso 4.** Seleccionar el visualizador *Dotted Chart* a partir del menú representado en el *combobox* “*Create new*”.

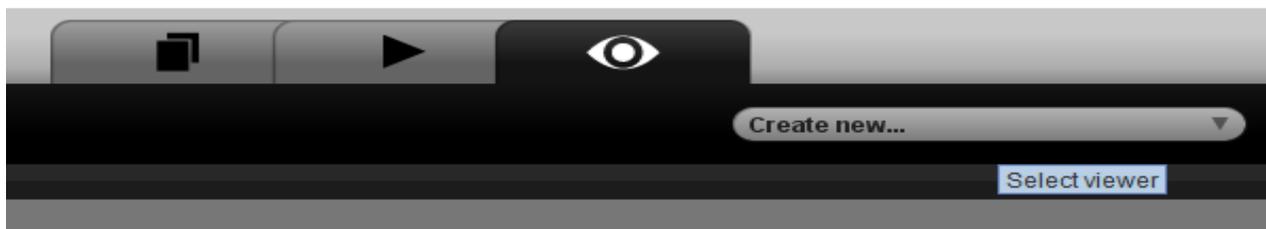


Figura 21 Seleccionar visualizador.

Fuente: Marco de trabajo ProM.

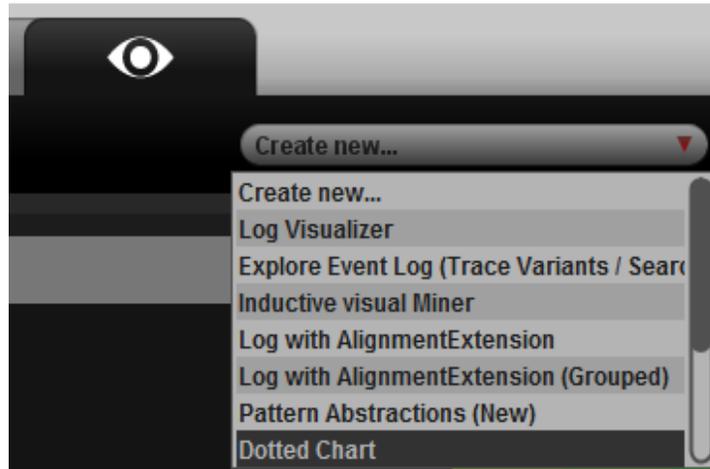


Figura 22 Menú de visualizadores.

Fuente: Marco de trabajo ProM.

- **Paso 5.** Visualización de los resultados.



Figura 23 Resultados.

Fuente: Marco de trabajo ProM.

Paso 5.1. Configurar las opciones de visualización de la técnica.

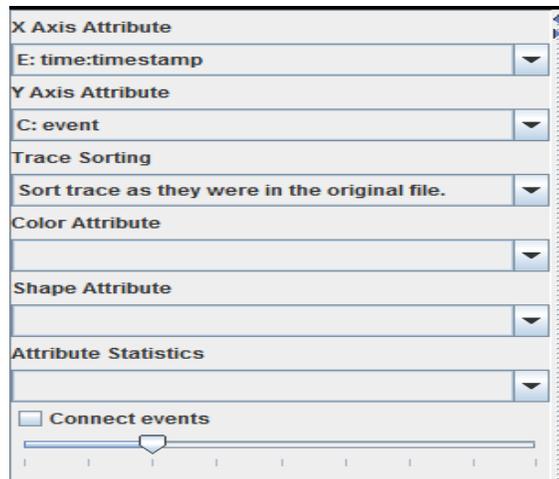


Figura 24 Configuración de la visualización.

Fuente: Marco de trabajo ProM.

Pasos para aplicar la técnica Análisis gráfico de puntos desde la herramienta de minería de procesos implementada para SIPAC.

- **Paso 1.** Obtener el registro de eventos a partir de la herramienta para la extracción y transformación de trazas implementada para SIPAC.
- **Paso 2.** Importar registro de eventos.
- **Paso 3.** Seleccionar la técnica *Análisis Gráfico de Puntos* en el menú “Técnicas”.
- **Paso 4.** Visualización de los resultados.

Las imágenes que se muestran a continuación forman parte de la interfaz gráfica del componente desarrollado.

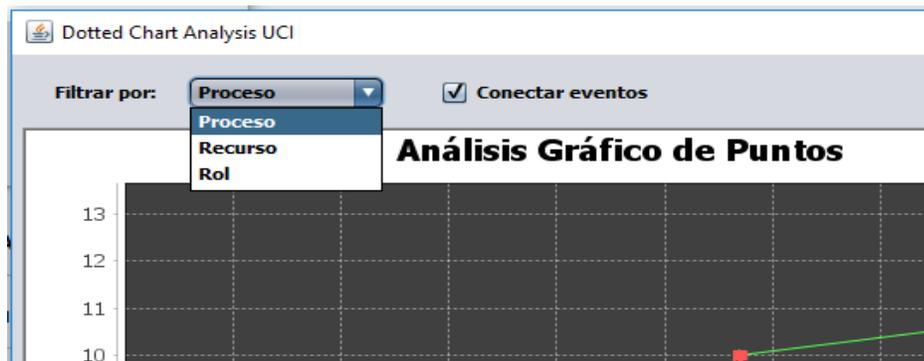


Figura 25 Menú de filtrado.

Fuente: (Elaboración propia).

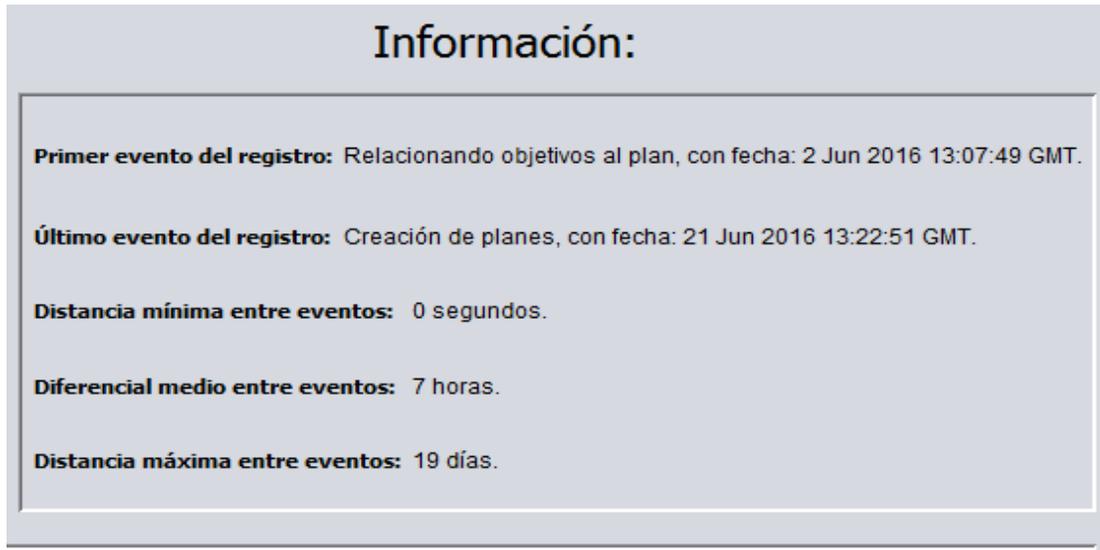


Figura 26 Panel de información.

Fuente: (Elaboración propia).

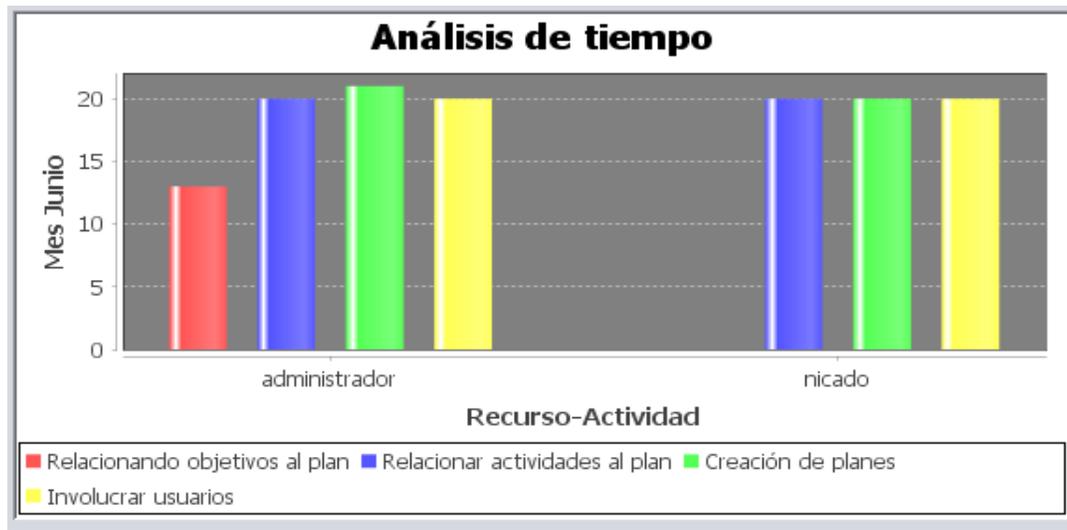


Figura 27 Gráficos adicionales.

Fuente: (Elaboración propia).

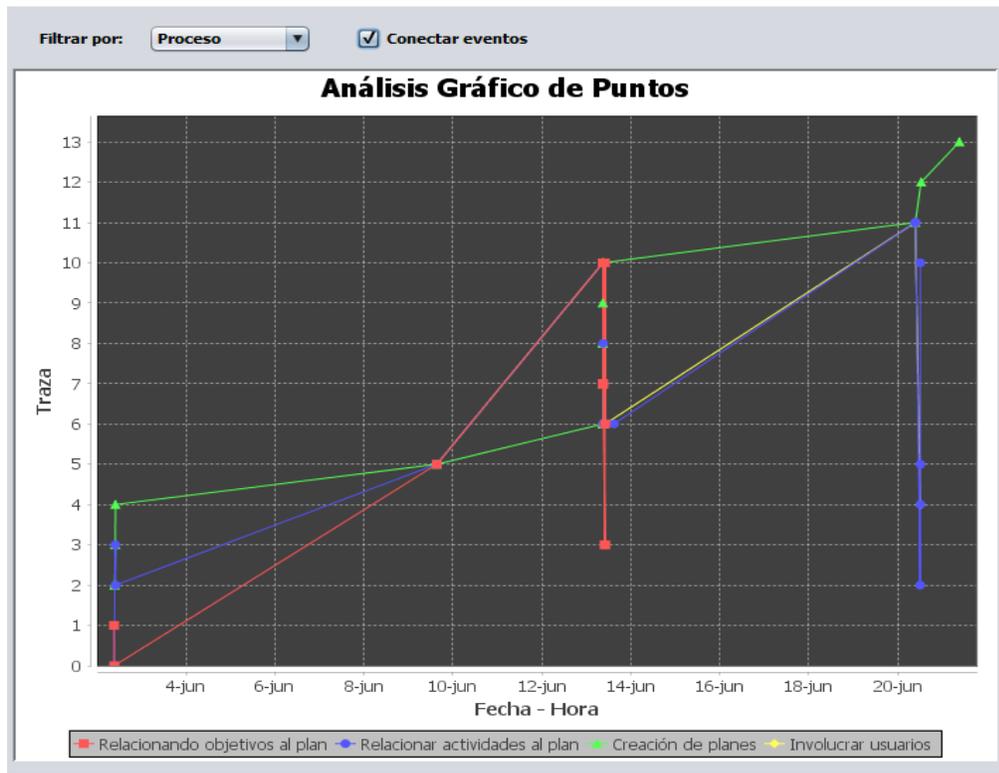


Figura 28 Eventos interconectados.

Fuente: (Elaboración propia).

En el caso de estudio analizado, las dos aplicaciones, desde sistemas diferentes obtuvieron los mismos resultados, mostrando el gráfico de puntos para el análisis de tiempo de los procesos de SIPAC. Desde el marco de trabajo ProM es necesario realizar una serie de pasos y configuraciones adicionales, las cuales no son necesarias al utilizar la técnica desde la herramienta de minería de procesos para SIPAC, lo que contribuye significativamente a la comprensión por parte de los usuarios no expertos en el área de la MP.

3.2. Índice de satisfacción grupal

La técnica ladov constituye una vía para el estudio del grado de satisfacción. Fue creada para establecer el nivel de satisfacción por la profesión de carreras pedagógicas. Luego, algunos autores la han modificado y aplicado para valorar la satisfacción en múltiples campos y como parte de diagnósticos y validaciones en diferentes investigaciones. Se basa en la aplicación de un cuestionario que tiene una estructura interna determinada, que sigue una relación entre tres preguntas cerradas y

un análisis posterior de otro conjunto de preguntas abiertas. La relación entre las preguntas cerradas se establece a través del denominado Cuadro Lógico de Iadov (ver tabla 3), el cual posibilita determinar posteriormente el nivel de satisfacción del usuario y del grupo (Ramírez Pérez et al. 2016).

Tabla 3 Cuadro lógico de Iadov.

Fuente: (Elaboración propia.)

		¿Considera usted que se deban obviar los datos de ejecución de los procesos de SIPAC, para realizar análisis de tiempo?								
		No			No sé			Si		
		¿Usaría usted el componente propuesto para realizar análisis de tiempo de los procesos de SIPAC?								
¿Le satisface el resultado mostrado en el componente desarrollado?		Si	No sé	No	Si	No sé	No	Si	No sé	No
Me satisface mucho		1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me satisface tanto		2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo		3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me insatisface más de lo que me satisface		6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me satisface nada		6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir		2	3	6	3	3	3	6	3	4

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

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

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

Para poder ponderar el ISG se establece una escala numérica entre +1 y -1 (ver tabla 3). Una vez calculado, los valores que se encuentren comprendidos entre -1 y -0,5 indican insatisfacción; los comprendidos entre -0,49 y + 0,49 evidencian contradicción y los que se ubiquen entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción.

Tabla 4 Niveles de satisfacción.
Fuente: (Orellana Garcia, Arturo 2015)

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

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

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

3.2.1. Aplicación de la técnica ladov para medir satisfacción

En la presente investigación fue aplicada una encuesta integrada por 7 preguntas (ver anexo 1) a una muestra representativa de 15 personas, trabajadores vinculados al grupo de investigación de Minería de Procesos de la UCI y especialistas del proyecto SIPAC. La población la constituyen los usuarios que han interactuado con SIPAC.

Para la selección de los encuestados para el estudio se empleó un muestreo no probabilístico intencional teniendo en cuenta que estos especialistas conocen o han interactuado con SIPAC. Para la selección de la muestra se utilizó el muestreo probabilístico aleatorio simple. El valor ISG obtenido al aplicar la técnica fue 0.875, el cual se encuentra en el intervalo de satisfacción, por lo que se puede concluir que existe un alto grado de satisfacción con la solución propuesta.

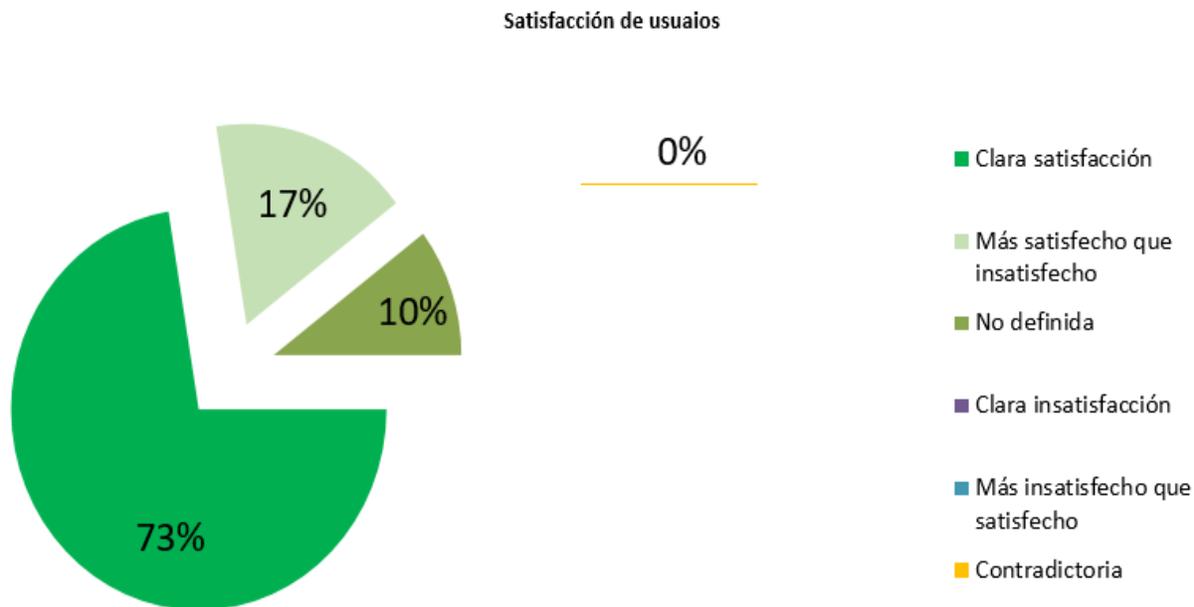


Figura 29 Distribución de la satisfacción de usuarios con respecto a la solución desarrollada.

Fuente: (Elaboración propia.)

El cuestionario aplicado contó además con cuatro (4) preguntas complementarias para conocer el grado de conocimientos que poseen los encuestados. Ello permitió profundizar en cuestiones positivas y negativas acerca de su afinidad a la tecnología propuesta para solucionar el problema planteado. Se observó que el 26.7% considera que el componente desarrollado mejora la usabilidad, el 60% la comprensión y el 13.3% no sabía qué decir. Además, permitió obtener datos sobre elementos a tener en cuenta para futuras mejoras de la propuesta.

3.3. Impacto de la solución

El componente desarrollado permite a los usuarios decisores de SIPAC realizar análisis de tiempo de los procesos del sistema. Para esto se ofrecen un grupo de indicadores, tales como el instante de inicio y fin de una actividad o proceso, así como la duración mínima, máxima o media de dicho proceso o actividad.

Estos indicadores tienen como ventajas fundamentales que permiten determinar datos claves del proceso de planificación como el momento en que se incorporan las actividades al plan, qué usuarios están haciendo qué actividades y en qué tiempo. Así como la sistematicidad con que se realiza el proceso de ejecución y control, el nivel de implicación de los directivos en la planificación, además de

la periodicidad con que se actualizan los valores reales de las medidas, entre otros elementos. Todo esto se traduce en ofrecerle al usuario final una opción más de análisis, con el fin de tomar decisiones administrativas y apoyar en la implementación de los objetivos estratégicos, la planificación y el control de los recursos en todos los niveles de dirección del país, tal como lo establece la Instrucción 1.

Conclusiones del capítulo

El componente desarrollado es capaz de realizar análisis de tiempo de los procesos de SIPAC, lo cual constituye una alternativa para propiciar la toma de decisiones. El mismo presenta ventajas respecto a sus equivalentes, pues le da solución al problema planteado durante la investigación, satisfaciendo las necesidades identificadas y brindando como valor añadido usabilidad y comprensión para usuarios no expertos en el área de la MP.

Conclusiones

Con la realización del trabajo de diploma presentado se da cumplimiento al objetivo general definido durante la investigación, por lo que se concluye:

- El análisis realizado demostró la necesidad de SIPAC de contar con una alternativa que permita evaluar el comportamiento de los procesos del sistema en función del tiempo.
- Se implementó un componente con las características que fueron identificadas durante la presente investigación, posibilitando realizar análisis de los registros de eventos de SIPAC a partir del desarrollo de una variante de la técnica *Dotted Chart Analysis*.
- Mediante la validación de la solución se pudo comprobar que la propuesta de solución presenta ventajas en cuanto a la facilidad de uso e interpretación de resultados, para su aplicación a los procesos de SIPAC, con respecto a sus equivalentes.
- La aplicación de la técnica ladov permitió determinar el índice de satisfacción grupal de los usuarios, la cual arrojó resultados enmarcados en el intervalo de clara satisfacción, lo cual demostró que la solución propuesta presenta una mejora en cuanto a usabilidad y comprensión respecto a su equivalente en ProM.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomienda lo siguiente:

- Que el usuario tenga la posibilidad de visualizar la información mediante el uso de otros tipos de gráficos, con el objetivo de complementar el análisis.
- Implementar las opciones de tiempo para esta dimensión del eje horizontal: Opción proporción relativa, Opción lógica, Opción lógica relativa, con el objetivo de ofrecer nuevas formas de organización de los eventos en el gráfico para enriquecer el análisis.

Referencias bibliográficas

- ADRIANSYAH, A., 2012. Replay a Log on Petri Net for Performance/Conformance Plug-in. S.l.: Tech. rep., Technische Universiteit Eindhoven.
- AGARWAL, R. y PRASAD, J., 1998. A conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of information technology. *Information systems research*, vol. 9, no. 2, pp. 204-215.
- BARRIGA, L., 2009. La planificación. *Breve Introducción en: <http://www.geocities.com/WallStreet/District/7921/Planification.html>*.
- BISHWAPRIYA SANYA. Planning as anticipation of resistance *en: <http://www.seweb.uci.edu/ppd/ufiles/Sanyal%20Resistance.pdf>* [en línea], [Consulta: 13 diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.geocities.ws/franklin.marcano/planificacion/t1/link1.pdf>.
- BENSON, C., MULLER-PROVE, M. y MZOUREK, J., 2004. Professional usability in open source projects: GNOME, OpenOffice. org, NetBeans. *CHI'04 extended abstracts on Human Factors in Computing Systems*. S.l.: ACM, pp. 1083-1084. ISBN 1-58113-703-6.
- BUSCHMANN, F., MEUNIER, R., ROHNERT, H., SOMMERLAD, P. y STAL, M., 1996. A system of patterns: Pattern-oriented software architecture.
- CALDERÓN-RUIZ, G.E. y VELARDE-BEDREGAL, H.R., 2016. La minería de procesos, una tecnología para automatizar la gestión de procesos de negocio. *Ingenio Magno*, vol. 7, no. 1, pp. 102–115.
- CALLEJA, M.A., 2009. Carmen: una herramienta de software libre para modelos gráficos probabilistas. S.l.: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- DAVID GILBERT, 2014. JFreeChart 1.0.19 Installation Guide [en línea]. Java. S.l.: s.n. [Consulta: 24 abril 2017]. Disponible en: <file:///D:/Tesis/libreria%20jfreechart/jfreechart-1.0.19-install.pdf>.
- DE WEERDT, J., DE BACKER, M., VANTHIENEN, J. y BAESENS, B., 2012. A multi-dimensional quality assessment of state-of-the-art process discovery algorithms using real-life event logs. *Information Systems*, vol. 37, no. 7, pp. 654-676.

- DOMÍNGUEZ, L.C., MARTÍNEZ, A.V. y GARCIA, A.O., 2015. Componente para el análisis de procesos hospitalarios aplicando la perspectiva temporal de minería de procesos. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 8, no. 2.
- FRANKY, M.C., TORO, V.M. y LÓPEZ, R., 2010. CincoModule: Módulo de seguridad basado en roles finos y en perfiles de seguridad para aplicaciones Java EE 5. *Quinto Congreso Colombiano de Computación (5CCC), Cartagena-Colombia* [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 14 diciembre 2016]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Consuelo_Franky/publication/235965637_CincoModule_Mdulo_d_e_seguridad_basado_en_rols_finos/links/545904d30cf2cf516483c78c.pdf.
- GARCIA, A.O., RAMIREZ, Y.E.P. y LARREA, O.U.A., 2015. Process Mining in Healthcare: Analysis and Modeling of Processes in the Emergency Area. *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 5, pp. 1612-1618.
- GONZÁLEZ, L.Z., 2016. Componente para la extracción de registros de eventos en formato XES del Sistema de planificación de Actividades [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 16 mayo 2017]. Disponible en: file:///D:/Tesis/Bibliograf%C3%ADa%20para%20tesis/Art%C3%ADculos%20a%20leer/Tesis_Fina_Leyriel.pdf.
- HANSEN, J.E., 2014. What Is The Difference between Process Mining And Data Mining. All About Requirements [en línea]. [Consulta: 22 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.allaboutrequirements.com/2014/02/what-is-the-differencebetween-process-mining-and-data-mining.html>.
- ISO 9001:2015(en), Quality management systems — Requirements. [en línea], 2015. [Consulta: 13 diciembre 2016]. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:en>.
- KAISLER, S.H., ARMOUR, F. y VALIVULLAH, M., 2005. Enterprise architecting: Critical problems. *System Sciences, 2005. HICSS'05. Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on*. S.l.: IEEE, pp. 224b-224b. ISBN 0-7695-2268-8.
- KOMATINENI, S. y MACLEAN, D., 2013. JSON for On-Device Persistence. *Expert Android*. S.l.: Springer, pp. 81-98.
- KOROTKEVITCH, D., 2016. XML and JSON. *Pro SQL Server Internals*. S.l.: Springer, pp. 241-267.

- LARMAN, C., 1999. *UML y Patrones* [en línea]. S.l.: Pearson. [Consulta: 5 mayo 2017]. Disponible en: <http://www.academia.edu/download/32421917/PREVIEW-LIBRO-9788483229279.pdf>.
- LAUDON, K.C., LAUDON, J.P. y BRABSTON, M.E., 2011. *Management information systems*. S.l.: Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- LEEMANS, S.J., FAHLAND, D. y VAN DER AALST, W.M., 2014. Exploring processes and deviations. *International Conference on Business Process Management*. S.l.: Springer, pp. 304-316.
- LEÓN, A.M., RIVERA, D.N. y NARIÑO, A.H., 2010. Relevancia de la Gestión por Procesos en la Planificación Estratégica y la Mejora Continua. [en línea], [Consulta: 13 diciembre 2016]. Disponible en: http://www.altagestion.com.co/boletines/mailling2015/redes_sociales/doc/0702_DOCUMENTO_RelevanciaGPP_20150708.pdf.
- Manual de Usuario SIPAC. [en línea], 2015. S.l.: [Consulta: 17 febrero 2017]. Disponible en: <file:///D:/Tesis/Manuales%20Sipac/Manual%20de%20Usuario%20SIPAC.pdf>.
- MINSEOK SONG y WIL M. P. VAN DER AALST, 2011. Supporting Process Mining by Showing Events at a Glance. [en línea], [Consulta: 13 diciembre 2016]. Disponible en: <http://wwwis.win.tue.nl/~wvdaalst/publications/p433>.
- ORELLANA GARCIA, A., PÉREZ RAMÍREZ, Y.E. y LARREA ARMENTEROS, O.U., 2015. Diseño de un componente para la identificación de eventualidades aplicando la técnica minero inductivo a los procesos del sistema de información hospitalaria del CESIM. ,
- ORELLANA GARCIA, ARTURO, 2015. *Herramienta para la detección de variabilidad en procesos hospitalarios aplicando minería de procesos*. Maestría. La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.
- OROZCO AGUIRRE HECTOR RAFAEL, 2015. FUNDAMENTOS DEL LENGUAJE JAVA. [en línea], [Consulta: 14 diciembre 2016]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/35482>.
- PARTIDO COMUNISTA DE CUBA Y ASAMBLEA NACIONAL DEL PODER POPULAR, 2016. *Actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el periodo 2016-2021*. 2016. S.l.: s.n.

- PATRICIO RAMÍREZ CORREA, 2004. *ROL Y CONTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE LA EMPRESA (ERP)*. [en línea]. Doctoral. Sevilla, España: UNIVERSIDAD De SEVILLA. [Consulta: 13 diciembre 2016]. Disponible en: http://fondosdigitales.us.es/media/thesis/308/Original_M_TD-0524.pdf.
- RAMÍREZ PÉREZ, J.F., LEYVA VÁZQUEZ, M., MOREJÓN VALDES, M. y OLIVERA FAJARDO, D., 2016. Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 10, no. 4, pp. 28-42.
- ROZINAT, ANNE, 2011a. How Process Mining Compares to Data Mining. *Fluxicon— Flux Capacitor* [en línea]. [Consulta: 22 febrero 2017]. Disponible en: <https://fluxicon.com/blog/2011/02/how-process-mining-compares-to-data-mining/>.
- ROZINAT, ANNE, 2011b. How Process Mining Compares To Simulation. *Fluxicon— Flux Capacitor* [en línea]. [Consulta: 22 febrero 2017]. Disponible en: <https://fluxicon.com/blog/2011/06/process-mining-simulation/>.
- ROZINAT, ANNE, G., Christian W., 2012. Fluxicon. Process mining for professionals. [en línea], [Consulta: 19 febrero 2017]. Disponible en: www.fluxicon.com.
- SONG, M. y VAN DER AALST, W.M., 2008. Towards comprehensive support for organizational mining. *Decision Support Systems*, vol. 46, no. 1, pp. 300–317.
- STENCEL, K. y WĘGRZYNOWICZ, P., 2008. Implementation variants of the singleton design pattern. *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2008 Workshops*. S.l.: Springer, pp. 396-406.
- TABARES, R.B., 2011. Patrones Grasp y Anti-Patrones: un Enfoque Orientado a Objetos desde Lógica de Programación. *Entre Ciencia e Ingeniería*, no. 8, pp. 161–173.
- TAVARES, M. y BERRETTA, N., 2006. Sistemas de planificación estratégica e innovaciones presupuestarias. [en línea]. S.l.: Inter-American Development Bank. [Consulta: 13 diciembre 2016]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/handle/11319/2793>.

- TAX, N., SIDOROVA, N., HAAKMA, R. y VAN DER AALST, W.M.P., 2016. Mining local process models. *Journal of Innovation in Digital Ecosystems*, vol. 3, no. 2, pp. 183-196. ISSN 23526645. DOI 10.1016/j.jides.2016.11.001.
- TERREROS, J.C., 2017. Desarrollo de Software basado en Componentes. [en línea]. [Consulta: 5 mayo 2017]. Disponible en: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb972268.aspx>.
- VAN DER AALST, W.M., SCHONENBERG, M.H. y SONG, M., 2011. Time prediction based on process mining. *Information Systems*, vol. 36, no. 2, pp. 450-475.
- VIDONI, M.C. y VECCHIETTI, A.R., 2014. Análisis de adecuación de bases de datos estándar ANSI/ISA-95 utilizando un agente inteligente. *XLIII Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (43JAIIO)-III Argentine Symposium on Industrial Informatics (SII)(Buenos Aires, 2014)*. S.l.: s.n., ISBN 2313-9102.
- VIEITES, A.G. y REY, C.S., 1998. Sistemas de información. *Herramientas practicas para la gestión empresarial*. Editorial AlfaOmega Ra-Ma [en línea], [Consulta: 16 febrero 2017]. Disponible en: http://www.gcd.udc.es/subido/catedra/presentaciones/economia_competencia_ii/Los%20Sistemas%20de%20Informacion%20en%20la%20Empresa%20-%20Nota%20tecnica%20-%20Carlos%20Suarez%20Rey%20-%202023-03-2012.pdf.
- Visual Paradigm for UML (ME). [en línea], 2007. [Consulta: 14 mayo 2015]. Disponible en: http://www.freedownloadmanager.org/es/downloads/Paradigma_Visual_para_UML_%28M%C3%8D%29_14720_p/.
- WIL VAN DER AALST, ARYA ADRIANSYAH, ANA KARLA ALVES DE MEDEIROS y FRANCO ARCIERI, 2012. *Manifiesto Sobre Minería de Procesos* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 13 diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/lib/exe/fetch.php?media=shared:pmm-spanish-v1.pdf>.
- YZQUIERDO-HERRERA, R., 2013. Minería de proceso como herramienta para la auditoria. *Revista Ciencia de la Información*, vol. 44, no. 2.

Bibliografía

ADRIANSYAH, A., 2012. Replay a Log on Petri Net for Performance/Conformance Plug-in. S.I.: Tech. rep., Technische Universiteit Eindhoven.

AGARWAL, R. y PRASAD, J., 1998. A conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of information technology. *Information systems research*, vol. 9, no. 2, pp. 204-215.

AGUIRRE MAYORGA, H.S. y RINCÓN GARCÍA, N., 2015. Minería de procesos: desarrollo, aplicaciones y factores críticos. *Cuadernos de Administración*, vol. 28, no. 50, pp. 137-157.

BUSCHMANN, F., MEUNIER, R., ROHNERT, H., SOMMERLAD, P. y STAL, M., 1996. A system of patterns: Pattern-oriented software architecture.

CALLEJA, M.A., 2009. *Carmen: una herramienta de software libre para modelos gráficos probabilistas*. S.I.: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

CRUZ, I.R., 2015. Minería de Procesos (Process Mining): Registros de eventos. [en línea]. [Consulta: 16 mayo 2017]. Disponible en: <http://blog.prosoftwaresolution.com/mineria-de-procesos-process-mining-registros-de-eventos/>.

Data mining vs. process mining: what's the difference? | Dennis Houthoofd | Pulse | LinkedIn. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 22 febrero 2017]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/data-mining-vs-process-whats-difference-dennis-houthoofd>.

DAVID GILBERT, 2014. *JFreeChart 1.0.19 Installation Guide* [en línea]. Java. S.I.: s.n. [Consulta: 24 abril 2017]. Disponible en: <file:///D:/Tesis/libreria%20jfreechart/jfreechart-1.0.19-install.pdf>.

DE LEONI, M., VAN DER AALST, W.M.P. y DEES, M., 2016. A general process mining framework for correlating, predicting and clustering dynamic behavior based on event logs. *Information Systems*, vol. 56, pp. 235-257. ISSN 0306-4379. DOI 10.1016/j.is.2015.07.003.

DE WEERDT, J., DE BACKER, M., VANTHIENEN, J. y BAESSENS, B., 2012. A multi-dimensional quality assessment of state-of-the-art process discovery algorithms using real-life event logs. *Information Systems*, vol. 37, no. 7, pp. 654-676.

DOMÍNGUEZ, L.C., MARTÍNEZ, A.V. y GARCIA, A.O., 2015. Componente para el análisis de procesos hospitalarios aplicando la perspectiva temporal de minería de procesos. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 8, no. 2.

El Patrón Singleton. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 4 mayo 2017]. Disponible en: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb972272.aspx>.

FERNÁNDEZ DE CASTRO FABRE, A. y LÓPEZ PADRÓN, A., 2014. Validación mediante criterio de usuarios del sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto en los proyectos de investigación del sector agropecuario. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 23, no. 3, pp. 77-82.

GARCÉS, V., DAVID, R. y ROBAYO ZURITA, F.F., 2015. *Diseño, desarrollo e implementación para el sistema de control de pasantías para la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, enmarcado en el Modelo-Vista-Controlador (MVC) y utilizando la herramienta Yii como framework del lenguaje PHP*. [en línea]. B.S. thesis. S.l.: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería en Software. [Consulta: 5 mayo 2017]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10114>.

GARCIA, A.O., RAMIREZ, Y.E.P. y LARREA, O.U.A., 2015. Process Mining in Healthcare: Analysis and Modeling of Processes in the Emergency Area. *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 5, pp. 1612-1618.

GONZÁLEZ, L.Z., 2016. *Componente para la extracción de registros de eventos en formato XES del Sistema de planificación de Actividades* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 16 mayo 2017]. Disponible en: file:///D:/Tesis/Bibliograf%C3%ADa%20para%20tesis/Art%C3%ADculos%20a%20leer/Tesis_Fina_Leyriel.pdf.

GREY, L.W.G. y VILTRES, Y.M., 2015. Proceso de mejora del Sistema de Gestión de Proyectos para Cuba y Venezuela. *Campus Virtuales*, vol. 3, no. 2, pp. 16–22.

HANSEN, J.E., 2014. What Is The Differencebetween Process Mining And Data Mining. *All About Requirements* [en línea]. [Consulta: 22 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.allaboutrequirements.com/2014/02/what-is-the-differencebetween-process-mining-and-data-mining.html>.

- CLAES, J., VANDERFEESTEN, I., PINGGERA, J., REIJERS, H.A., WEBER, B. y POELS, G., 2015. A visual analysis of the process of process modeling. *Information Systems and e-Business Management*, vol. 13, no. 1, pp. 147-190.
- KAISLER, S.H., ARMOUR, F. y VALIVULLAH, M., 2005. Enterprise architecting: Critical problems. *System Sciences, 2005. HICSS'05. Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on*. S.I.: IEEE, pp. 224b-224b. ISBN 0-7695-2268-8.
- KOMATINENI, S. y MACLEAN, D., 2013. JSON for On-Device Persistence. *Expert Android*. S.I.: Springer, pp. 81-98.
- KOROTKEVITCH, D., 2016. XML and JSON. *Pro SQL Server Internals*. S.I.: Springer, pp. 241-267.
- LARMAN, C., 1999. *UML y Patrones* [en línea]. S.I.: Pearson. [Consulta: 5 mayo 2017]. Disponible en: <http://www.academia.edu/download/32421917/PREVIEW-LIBRO-9788483229279.pdf>.
- LAUDON, F. y LAUDON, J., 1996. *Sistemas de Información*. Editorial Diana, México.
- LAUDON, K.C., LAUDON, J.P. y BRABSTON, M.E., 2011. *Management information systems*. S.I.: Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- LEEMANS, S.J., FAHLAND, D. y VAN DER AALST, W.M., 2014a. Exploring processes and deviations. *International Conference on Business Process Management*. S.I.: Springer, pp. 304-316.
- LEEMANS, S.J., FAHLAND, D. y VAN DER AALST, W.M., 2014b. Process and Deviation Exploration with Inductive Visual Miner. *BPM (Demos)* [en línea]. S.I.: s.n., pp. 46. [Consulta: 17 febrero 2017]. Disponible en: <https://pure.tue.nl/ws/files/3973849/569651335934743.pdf>.
- LEÓN, A.M., RIVERA, D.N. y NARIÑO, A.H., 2010. Relevancia de la gestión por procesos en la planificación estratégica y la mejora continua. *Eídos*,
- LORANCA MATEOS, O., 2000. *Consultas espaciales en una arquitectura de componentes GIS*. S.I.: Tesis Maestría. Ciencias con Especialidad en Ingeniería en Sistemas Computacionales. Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas-Puebla.
- MANAGER, ARIS PROCESS PERFORMANCE, 2016. ARIS Process Performance. [en línea]. Disponible en:

http://www.softwareag.com/corporate/products/aris_platform/aris_controlling/aris_process_performance/overview/default.asp.

Manual de Usuario SIPAC [en línea], 2015. septiembre 2015. S.l.: s.n. [Consulta: 17 febrero 2017]. Disponible en: <file:///D:/Tesis/Manuales%20Sipac/Manual%20de%20Usuario%20SIPAC.pdf>.

PAVÓN MESTRAS, J., LÓPEZ PAREDES, A. y GALÁN ORDAX, J.M., 2012. Modelado basado en agentes para el estudio de sistemas complejos. *Novática*. 2012, n. 218, p. 13-18,

Mi granito de java: Facade. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 4 mayo 2017]. Disponible en: <http://migranitodejava.blogspot.com.es/2011/06/facade.html>.

MUNZERT, S., RUBBA, C., MEIßNER, P. y NYHUIS, D., 2015. XML and JSON. *Automated Data Collection with R: A Practical Guide to Web Scraping and Text Mining*, pp. 41-78.

O'BRIEN, J.A. y MARAKAS, G.M., 2006. *Management information systems*. S.l.: McGraw-Hill Irwin. ISBN 0-07-293588-X.

ORELLANA, A., PÉREZ, Y.E., & LARREA, O.U, 2015. Diseño de un componente para la identificación de eventualidades aplicando la técnica minero inductivo a los del Sistema de Información Hospitalaria del CESIM. 10ma Peña Tecnológica Nacional. ISBN: 978959-286-030-8.

ORELLANA GARCIA, ARTURO, 2015. *Herramienta para la detección de variabilidad en procesos hospitalarios aplicando minería de procesos*. Maestría. La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.

PARTIDO COMUNISTA DE CUBA Y ASAMBLEA NACIONAL DEL PODER POPULAR, 2016. *Actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el periodo 2016-2021*. 2016. S.l.: s.n.

Patrones de GRASP | adictosaltrabajo. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 4 mayo 2017]. Disponible en: <https://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/grasp/>.

PEREZ, S., OREJAS, F. y FUENTES, N., 2005. Automatización de la arquitectura de componentes genéricos usados en UML.

RAMÍREZ PÉREZ, J.F., LEYVA VÁZQUEZ, M., MOREJÓN VALDES, M. y OLIVERA FAJARDO, D., 2016. Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando

técnicas de inteligencia organizacional. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 10, no. 4, pp. 28-42.

REIJERS, H.A., SONG, M. y JEONG, B., 2009. Analysis of a collaborative workflow process with distributed actors. *Information Systems Frontiers*, vol. 11, no. 3, pp. 307-322. ISSN 1387-3326, 1572-9419. DOI 10.1007/s10796-008-9092-5.

ROZINAT, ANNE, 2011a. How Process Mining Compares to Data Mining. *Fluxicon— Flux Capacitor* [en línea]. [Consulta: 22 febrero 2017]. Disponible en: <https://fluxicon.com/blog/2011/02/how-process-mining-compares-to-data-mining/>.

ROZINAT, ANNE, 2011b. How Process Mining Compares To Simulation. *Fluxicon— Flux Capacitor* [en línea]. [Consulta: 22 febrero 2017]. Disponible en: <https://fluxicon.com/blog/2011/06/process-mining-simulation/>.

ROZINAT, ANNE, G., Christian W., 2012. Fluxicon. Process mining for professionals. [en línea], [Consulta: 19 febrero 2017]. Disponible en: www.fluxicon.com.

Simply Singleton | JavaWorld. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 4 mayo 2017]. Disponible en: <http://www.javaworld.com/article/2073352/core-java/simply-singleton.html>.

SOMMERVILLE, I., 2005. *Ingeniería del software* [en línea]. S.I.: Pearson Educación. [Consulta: 4 mayo 2017]. Disponible en: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=gQWd49zSut4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=%22%E2%80%9CUn+patr%C3%B3n+de+una+persona+es+un+bloque%22+%22en+cuanto+al+uso+de%22+%22Proveer+la%22+%22para+p%C3%A1ginas+de%22+%22La+Ingenier%C3%ADa+del+Software+se+encuentra%22+%22Ayudar+a+identificar+los+errores+y%22+%22&ots=s685pnACyg&sig=SgEk0-rwPE6Yza_1s1lwz9FQDKM.

TABARES, R.B., 2011. Patrones Grasp y Anti-Patrones: un Enfoque Orientado a Objetos desde Lógica de Programación. *Entre Ciencia e Ingeniería*, no. 8, pp. 161–173.

TAX, N., SIDOROVA, N., HAAKMA, R. y VAN DER AALST, W.M.P., 2016. Mining local process models. *Journal of Innovation in Digital Ecosystems*, vol. 3, no. 2, pp. 183-196. ISSN 23526645. DOI 10.1016/j.jides.2016.11.001.

TERREROS, J.C., 2017. Desarrollo de Software basado en Componentes. [en línea]. [Consulta: 5 mayo 2017]. Disponible en: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb972268.aspx>.

TRELLA, M., CONEJO, R. y BUENO, D., 2001. MEDEA: una arquitectura basada en componentes para el desarrollo de Sistemas Tutores Inteligentes en Internet. *CAEPIA 2001*, pp. 469-478.

VAN ARENDONK BSC, R. y FAHLAND, D., 2011. A Benchmark Set for Process Discovery Algorithms.

VAN DER AALST, W., 2011. Manifiesto sobre Minería de Procesos. *IEEE Task Force on Process Mining*.

VAN DER AALST, W.M., SCHONENBERG, M.H. y SONG, M., 2011. Time prediction based on process mining. *Information Systems*, vol. 36, no. 2, pp. 450-475.

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*, vol. 32, no. 5, pp. 713-732. ISSN 0306-4379. DOI 10.1016/j.is.2006.05.003.

VAN DONGEN, B.F., DE MEDEIROS, A.K.A., VERBEEK, H.M.W., WEIJTERS, A. y VAN DER AALST, W.M., 2005. The ProM framework: A new era in process mining tool support. *International Conference on Application and Theory of Petri Nets*. S.I.: Springer, pp. 444-454. ISBN 3-540-26301-2.

VARGA, A., 2007. An overview of recent developments in computational methods for periodic systems. *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 40, no. 14, pp. 157-162.

WESKE, M., VAN DER AALST, W.M. y VERBEEK, H.M.W., 2004. Advances in business process management. *Data & Knowledge Engineering*, vol. 50, no. 1, pp. 1-8.

VIDONI, M.C. y VECCHIETTI, A.R., 2014. Análisis de adecuación de bases de datos estándar ANSI/ISA-95 utilizando un agente inteligente. *XLIII Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (43JAIO)-III Argentine Symposium on Industrial Informatics (SII)(Buenos Aires, 2014)*. S.I.: s.n., ISBN 2313-9102.

VIEITES, A.G. y REY, C.S., 1998. Sistemas de información. *Herramientas practicas para la gestión empresarial*. Editorial AlfaOmega Ra-Ma [en línea], [Consulta: 16 febrero 2017]. Disponible en: http://www.gcd.udc.es/subido/catedra/presentaciones/economia_competencia_ii/Los%20Sistemas%20de%20Informacion%20en%20la%20Empresa%20-%20Nota%20tecnica%20-%20Carlos%20Suarez%20Rey%20-%2023-03-2012.pdf.

YZQUIERDO-HERRERA, R., 2013. Minería de proceso como herramienta para la auditoría. *Revista Ciencia de la Información*, vol. 44, no. 2.

Glosario de términos

Actividad: es un paso bien definido en el proceso. Los eventos pueden referirse al inicio, conclusión, cancelación, etc., de una actividad para una instancia específica del proceso (Wil van der Aalst et al. 2012).

Evento: es una acción almacenada en el registro, por ejemplo, el inicio, conclusión o cancelación de una actividad para una instancia particular de un proceso (Wil van der Aalst et al. 2012).

Gestión de procesos de negocio (Business process management, BPM): es la disciplina que combina conocimiento sobre tecnología de información y conocimiento sobre las ciencias de gestión y lo aplica en conjunto a los procesos de negocio operacionales (Wil van der Aalst et al. 2012)

Gestión por procesos: forma de gestión de la organización basándose en los procesos en busca de lograr la alineación de los mismos con la estrategia, misión y objetivos, como un sistema interrelacionado destinados a incrementar la satisfacción del cliente, la aportación de valor y la capacidad de respuesta. Supone reordenar los flujos de trabajo de forma de reaccionar con más flexibilidad y rapidez a los cambios y en la búsqueda del ¿por qué? y ¿para quién? se hace el trabajo (León, Rivera y Nariño 2010).

Instancia de un proceso: es la entidad siendo ejecutada por el proceso que es analizado. Los eventos se refieren a instancias del proceso. Ejemplos de instancias de un proceso son: pedidos de los clientes, reclamos de seguros, solicitudes de préstamos, etc. (Wil van der Aalst et al. 2012)

Planificación estratégica: es una metodología que permite identificar los objetivos prioritarios de una organización y las metas que se compromete a lograr en un cierto período de tiempo. Sobre la base del plan estratégico se redefinirán las actividades y, en consecuencia, las prioridades presupuestarias de los organismos. Los recursos estarán asignados al logro de resultados (Tavares y Berretta 2006).

Planificación operativa: consiste en formular planes a corto plazo que pongan de relieve las diversas partes de la organización. Se utiliza para describir lo que las diversas partes de la organización deben hacer para que la empresa tenga éxito a corto plazo (Barriga 2009).

Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados (ISO 9001:2015(en), Quality management systems — Requirements 2015).

Sistemas de información: es un conjunto de componentes interrelacionados que permiten capturar, procesar, almacenar y distribuir la información para apoyar la toma de decisiones, la coordinación, el análisis y el control en una organización (PATRICIO RAMÍREZ CORREA 2004).

Anexos

Anexo 1. Encuesta satisfacción de usuarios potenciales

Estimado (a): la presente encuesta forma parte de una investigación que está dirigida a comprobar la factibilidad de la personalización de la técnica Dotted Chart Analysis de minería de procesos para el sistema SIPAC. El uso de herramientas que aplican la minería de procesos resulta complejo para usuarios no expertos en el área, por lo que se realizaron personalizaciones y se incorporaron funcionalidades para ser aplicadas dentro de una herramienta de MP que fue desarrollada para SIPAC. Por cuanto, sus valoraciones acerca de los asuntos que se someten a su consideración servirán de ayuda.

Evaluación de la Personalización de la Técnica Dotted Chart Analysis para SIPAC		
No	Preguntas	Respuestas
1.	¿Considera útil la aplicación de las Tecnologías de la Información para analizar la ejecución de los procesos organizacionales desde sistemas automatizados?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
2.	¿Conoce usted el objetivo del Sistema para la Planificación de Actividades?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
3.	¿Considera usted que se deban obviar los datos de ejecución de los procesos de SIPAC, para realizar análisis de tiempo?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
4.	Si tuviera que analizar un proceso organizacional con una herramienta informática ¿Cuál sería su motivación? Seleccione una sola opción.	<input type="checkbox"/> Ahorro de tiempo <input type="checkbox"/> Resultados confiables <input type="checkbox"/> Basado en datos reales
5.	¿Usaría usted el componente propuesto para realizar análisis de tiempo de los procesos de SIPAC?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
6.	¿Qué elementos a su entender, mejora la herramienta propuesta con respecto a las ya existentes de minería de procesos? Seleccione una sola opción.	<input type="checkbox"/> Usabilidad <input type="checkbox"/> Comprensión <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> No sé
7.	¿Le satisface el resultado mostrado en el componente desarrollado?	<input type="checkbox"/> Me gusta mucho <input type="checkbox"/> No me gusta tanto <input type="checkbox"/> Me da lo mismo <input type="checkbox"/> Me disgusta más de lo que me gusta <input type="checkbox"/> No me gusta nada <input type="checkbox"/> No sé qué decir