



# UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

## FACULTAD 2

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

Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de  
recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

Autores:

Rey Alberto Bernal Escobar  
Yoan Afonso Bandomo

Tutores:

MSc. José Felipe Ramírez Pérez  
Ing. Adrián Sosa Benítez

La Habana, 21 de junio de 2016  
"Año 58 de la Revolución"

**De Yoan**

A mis padres por su guía y paciencia, sin ellos no hubiese podido llegar hasta aquí, no hubiese podido tener la dicha de graduarme ni la capacidad para resolver los problemas que uno enfrenta, cuando estudia y vive tan lejos de su casa.

A mi familia, sin ella no hubiese podido cumplir mi sueño de ser ingeniero informático, gracias a su apoyo y preocupación logré convertirme en la persona que soy hoy; en especial a mis tíos por haber estado siempre pendientes de mí.

A todos esos profesores que de una forma u otra siempre me ayudaron, en especial a losmany, Zoila y Antonio, por haberme apoyado cuando más lo necesité.

A mis “hermanos” Roniel y Maidevis, por haber permanecido a mi lado durante todos estos años a pesar de mi carácter, por ayudarme e incluso preocuparse tanto por mí y por ser mis cómplices, mis consejeros o lo que sea que necesitara.

A mis amistades por todo el apoyo que me han dado siempre, en especial a Liannet y a Rey, dos excelentes amigos con los que siempre he podido contar.

### De Rey

A mis padres que han sabido educarme y guiarme para poder enfrentar los problemas que nos presenta la vida, sin ellos no hubiera podido llegar hoy hasta aquí ni ser la persona que soy, una persona no perfecta, pero la que yo quiero ser.

A mis abuelos que más que abuelos se convirtieron en mi vida, en mis segundos padres, quizás me malcriaron un poquito, pero me enseñaron a vivir la vida como viene, no como uno desea y siempre tratando de plasmar una huella en ella.

A mis tíos que siempre han estado pendientes de mi vida y siempre han sabido estar ahí para mí en cada una de las situaciones que se me presentan.

A toda mi familia en general que siempre me han brindado su apoyo incondicional y, desde el punto de vista de cada uno, siempre me han guiado en la vida.

A los profesores que han formado parte de mi vida estudiantil y que de una forma u otra me han aportado su granito de arena, ellos son la base de lo que logrado hasta hoy.

A mis amigos por haber soportado todas mis majaderías, mis caprichos y, sobre todo, a los que han sabido mantenerse firme a esta amistad.

A cinco amigos muy especiales los cuales, en su paso por mi vida, dejaron marcas y cicatrices que nunca podré olvidar, cada uno a su forma, todos en modo diferente y entrando a mi vida de disímiles maneras, pero, aun así, siempre estarán conmigo: Oliesky, Samy, Lia, Lachy y Ray.

Por último y no por ser el último menos especial, quizás lo contrario, a YOAN mi compañero de tesis, por aguantar todas mis broncas y pleitos; aunque no siempre estuvimos de acuerdo en todo, sin él no creo que estaría hoy aquí.

### **De Yoan**

A mis padres, dos personas maravillosas que me enseñaron a ser mejor cada día, dos seres humanos que a pesar de no ser perfectos han intentado serlo para mí, dos padres que, con tan solo mirarlos, me recuerdan lo orgulloso que me siento cuando afirmo que soy su hijo.

### **De Rey**

A una persona especial, que siendo tan joven y con toda una vida por delante, supo darle frente a la difícil decisión que le puso la vida y enfrentándose a todo y todos, con solo 19 años de edad y con una carrera que apenas comenzaba, tuvo el valor de darme la vida. A ti "MAMI", que a pesar de no estar siempre juntos me has entregado tu vida y más, me has sabido guiar por el mejor de los caminos o al menos el que mejor ves para mí. A ti, que más que madre siempre has sido para mí una amiga, una confidente, una persona con la cual no tengo ningún tipo de secretos, con la cual mi vida es simplemente un libro abierto.

Gracias por todo tu apoyo, por tratar de comprenderme en todas mis decisiones, aunque no todas han sido las mejores, gracias por ayudarme a ponerme de pie cada vez que algo me salió mal. Te debo toda mi vida y todo lo que soy. Gracias y mil veces gracias, por ser simplemente MI MADRE.

También quiero dedicarle este trabajo a una persona muy especial para mí a pesar de no encontrarse hoy aquí, una persona que donde quiera que esté, me daría su vida si fuera necesario y sé que estaría muy orgulloso de ver hoy a su nieto a donde ha llegado. Tu siempre creíste en mí y no me alcanzan los días de esta vida para agradecerte todo lo que me enseñaste a tu forma, con tu carácter, pero siempre viéndome como el niño de tus ojos. Gracias "PAPA", por ser como siempre fuiste conmigo, donde quiera que estés.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

---

Declaramos ser los únicos autores del trabajo de diploma Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS y autorizo al Centro de Informática Médica de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año 2016.

---

Yoan Afonso Bandomo

Firma del Autor

---

Rey Alberto Bernal Escobar

Firma del Autor

---

MSc. José Felipe Ramírez Pérez

Firma del Tutor

---

Ing. Adrián Sosa Benítez

Firma del Tutor

MSc. José Felipe Ramírez Pérez (jframirez@uci.cu): graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2012. Analista y desarrollador de componentes informáticos para la salud en áreas como: la atención materno-infantil, medicina familiar, telemedicina, nefrología en las que ha realizado varias publicaciones. Pertenece a la Sociedad Cubana de Informática Médica (SOCIM), a la Unión de Informáticos de Cuba (UIC) y a la Sociedad Cubana de Reconocimiento de Patrones (SCRIP). Es miembro del grupo de investigación de minería de proceso. Es Máster en Informática Aplicada y profesor con categoría principal de Instructor. Actualmente es Jefe del Departamento de Desarrollo de Aplicaciones del Centro de Informática Médica (CESIM).

Correo electrónico: jframirez@uci.cu

Ing. Adrián Sosa Benítez: Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2015. Ubicado en el Centro de Informática Médica donde se desempeña como desarrollador y analista de procesos hospitalarios. Es miembro del Grupo de Investigación de minería de procesos.

Correo electrónico: asosa@uci.cu

### Resumen

En la actualidad la mayoría de los sistemas de información generan trazas, estas reflejan las acciones que son realizadas por los usuarios en el sistema. A partir de un componente de extracción y transformación de estas trazas, se pueden generar los registros de eventos. Desafortunadamente la información contenida en los registros de eventos no es utilizada eficientemente para el análisis de los procesos organizacionales. Con la utilización de minería de procesos se pueden analizar los registros de eventos para generar conocimiento, a partir de la aplicación de técnicas existentes.

El objetivo de la presente investigación es desarrollar una vista de análisis de información, en cuanto a tiempo y empleo de recursos, en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS. La vista de análisis de información mejorará el análisis de información de los datos generados en los servicios quirúrgicos. Para ello se utilizaron diversos métodos científicos como la modelación, el análisis documental y la entrevista.

Como resultado se obtuvo una vista de análisis de información que, a partir de un registro de eventos generado en determinado rango de fechas, permite realizar un análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos, en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS. Se obtendrá como beneficios una mejor toma de decisiones clínico-administrativas, así como la posibilidad de identificar tendencias en cuanto al tiempo de duración de las intervenciones quirúrgicas y una adecuada distribución de las tareas de cada uno de los especialistas que intervienen en un servicio quirúrgico.

**Palabras clave:** análisis de redes sociales, Bloque Quirúrgico, minería de procesos, registro de eventos, Sistema de Información Hospitalaria

Índice

Introducción.....	11
CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud.....	18
1.1 Conceptos básicos asociados al dominio del problema .....	18
1.1.1 Tipos de intervenciones quirúrgicas: .....	19
1.2 Proceso .....	20
1.3 Gestión basada en procesos .....	21
1.4 Minería de procesos.....	22
1.4.1 Tipos de minería de procesos.....	22
1.4.2 Perspectivas de la minería de procesos .....	25
1.5 Análisis de redes sociales aplicados en la salud .....	26
1.6 Métricas.....	27
1.7 Registro de eventos .....	28
1.8 Soluciones existentes a nivel internacional y nacional.....	29
1.8.1 Nivel internacional.....	29
1.8.2 Nivel nacional.....	32
1.9 Ambiente de desarrollo.....	33
1.9.1 Lenguaje de programación.....	33
1.9.2 Herramientas y tecnologías a utilizar.....	34
CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS.....	38
2.1 Descripción de la propuesta de solución .....	38
2.2 Análisis del módulo Bloque Quirúrgico .....	39
2.2.1 Flujo del proceso Atención al paciente quirúrgico .....	39
2.3 Desarrollo de la propuesta de solución.....	40
2.3.1 Descripción ampliada de la propuesta de solución .....	40

2.3.2 Personalización de las técnicas.....	42
2.3.3 Funcionalidades principales .....	48
2.4 Procedimiento de incorporación de la vista de análisis de información al sistema XAVIA HIS.....	50
2.4.1 Fase 1: Obtención de la información .....	50
2.4.2 Fase 2: Análisis de las configuraciones necesarias.....	51
2.4.3 Fase 3: Visualización.....	56
CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información .....	57
3.1 Estrategia de validación .....	57
3.2 Pruebas de Caja blanca .....	59
3.3 Pruebas de Caja negra.....	61
3.4 Comparación entre sistemas.....	65
3.5 Análisis de resultados.....	67
Conclusiones.....	70
Recomendaciones.....	71
Referencias bibliográficas.....	72
Bibliografía.....	76

## Introducción

Estudios llevados a cabo por la Organización mundial de la salud (OMS) demuestran que en las últimas décadas ha existido un notable aumento en el número de intervenciones quirúrgicas, realizadas en los hospitales o instituciones de salud. Ejemplo de ello lo constituye un informe realizado por la OMS en el año 2016, en el cual se expone que en el año 2008 se realizaban alrededor de doscientos treinta y cuatro millones de intervenciones quirúrgicas. Para el 2012, la cantidad de operaciones aumentó en un treinta y ocho por ciento entre 2004 y 2012, llegando a casi trescientos trece millones ([OMS, 2016](#)).

Existen muchas razones para operarse; algunas intervenciones pueden aliviar o prevenir el dolor, disminuir un síntoma de algún problema o mejorar alguna función del cuerpo, detectar un problema o simplemente llegar a salvar una vida ([Biblioteca Nacional de Medicina, 2016](#)). Para estas las intervenciones quirúrgicas pueden clasificarse de diferentes formas: según la urgencia o planificación de la intervención, según su finalidad y según su gravedad o extensión ([Operarme.es, 2016](#)).

La información relativa a la atención quirúrgica, sólo ha sido uniformada o acopiada sistemáticamente en un reducido número de estudios científicos a nivel mundial; en otras palabras: la mayoría de las operaciones que se practican en el mundo no se registran. Para promover la seguridad, prevenir enfermedades y mejorar la prestación de asistencia en esta esfera, es primordial evaluar la atención quirúrgica a nivel mundial ([OMS, 2011](#)).

En este sentido el significativo avance de las Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los últimos tiempos, permite su aplicación al sector salud de numerosas maneras, aportando beneficios de calidad y seguridad, así como un significativo ahorro económico ([FlashTicSalut, 2011](#)). La incorporación de las TIC al mundo sanitario está suponiendo un motor de cambio para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, favoreciendo el desarrollo de herramientas dirigidas a dar respuesta en áreas como: la planificación, la información, la investigación, la gestión, prevención, entre otras ([RPP Noticias, 2016](#)).

Uno de los más notables beneficios de las TIC en la salud, son los Sistemas de Información Hospitalaria (HIS, por sus siglas en inglés), los cuales surgen desde los años setenta, con el objetivo de agilizar el proceso de atención al paciente y elevar la calidad de los servicios médicos. Los HIS no son más que sistema de información orientado a satisfacer las necesidades de generación de información, para almacenar, procesar y reinterpretar datos médico-administrativos de cualquier institución hospitalaria. Permitiendo la optimización de los recursos humanos y materiales, además de minimizar los inconvenientes burocráticos que enfrentan los pacientes ([Gasendy, 2012](#)).

A nivel internacional se han implementados diversos y variados HIS, atendiendo a cada una de las necesidades de la nacionalidad o lugar donde se implemente, entre ellos se pueden mencionar:

- **Hosix-V**: es un sistema de gestión hospitalaria de la empresa Sivsa desarrollado en España, multiplataforma y con una interfaz Web flexible, integrado y modular, que abarca todas las áreas de actividad de un hospital y pretende, a través de una utilización fácil, rentabilizar los recursos existentes para organizar el trabajo desarrollado diariamente. Cuenta con un módulo Quirófanos que se encarga de mantener un control informatizado de los tiempos de ocupación de los quirófanos, de los servicios que los utilizan, de las técnicas a utilizar y de las personas que participan, para conseguir la optimización de la programación de intervenciones tanto de pacientes internos como externos ([Sivsa, 2009](#)).
- **Life Care Systems (LCS)**, por sus siglas en inglés): sistema de información de la gestión hospitalaria desarrollado en la India, por la compañía Futurism que permite una mejor atención al paciente, la seguridad del paciente, la eficiencia y la reducción de los costos. Proporciona fácil acceso a la información para tomar mejores decisiones a tiempo y puede ser fácilmente adaptado a las necesidades de cualquier hospital. Cuenta también con un módulo que permite registrar todo lo necesario y realizado antes, y después de una intervención quirúrgica ([Futurism, 2008](#)).
- **Sushrut**: es un sistema de información hospitalaria desarrollado en la India, pero por la compañía *Centre for development of advanced computing* (C-CAD, por sus siglas en inglés) y se ha desarrollado con el objetivo de racionalizar el flujo de tratamiento de un paciente en el hospital. Presenta una arquitectura cliente servidor de base de datos. El módulo de Operación contiene información sobre la disponibilidad de todos los quirófanos, equipo y herramientas. La

planificación de operaciones es la función principal de este módulo a través de la cual se puede aprobar, cancelar o reprogramar la operación (CDAC, 2016).

En Cuba, a partir del proceso de informatización de la sociedad, uno de los sectores priorizados es precisamente el sector de la salud, con el objetivo de elevar la calidad y rapidez de los servicios brindados. Es por ello que el Centro de Informática Médica (CESIM), perteneciente a la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), desarrolló el Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS, el cual permite la gestión de la información que se obtiene en las instituciones hospitalarias. Para ello cuenta con diecisiete módulos relacionados entre sí que responden a cada una de las áreas de un hospital.

Dentro de los módulos contemplados en el sistema XAVIA HIS se encuentra el Bloque Quirúrgico, este módulo permite la gestión de la información de los pacientes atendidos desde que los médicos determinan un procedimiento quirúrgico para su tratamiento clínico, hasta la futura recuperación de los mismos. En este módulo también funcionan servicios de cirugía, donde son consultados, elaborados y modificados documentos por parte del personal médico en función de la gestión de la información vinculada a los procesos quirúrgicos (Pérez, et al., 2009).

En la actualidad se hace muy engorroso el trabajo a la hora de analizar un servicio quirúrgico en su totalidad, desde la llegada del paciente hasta su dada de alta, por lo que no se lleva un adecuado seguimiento de cómo es la relación y el desempeño de todos los especialistas implicados en este proceso. En dicho marco, y asociado al proceso de negocio “Atención al paciente quirúrgico” se reflejan un conjunto de insuficiencias entre las que se enuncian:

- No se tiene en cuenta cómo se relacionan los especialistas de un servicio quirúrgico, lo que imposibilita analizar cómo se lleva a cabo la transferencia de trabajo entre los mismos.
- No se analiza el comportamiento de los equipos de trabajo quirúrgicos respecto a: planificación inicial y final del personal a operar dado un servicio quirúrgico, lo que conlleva a la carga de trabajo por parte de algunos especialistas.

- No se analizan los tiempos de intervención quirúrgica, lo que trae consigo el aumento del tiempo de los pacientes en las listas de espera<sup>1</sup> y su estancia en el hospital imposibilitando su completa satisfacción.

Identificadas estas deficiencias se plantea como **problema a resolver**: se realiza un engorroso análisis de información de los datos generados en los servicios quirúrgicos, del módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS, lo que imposibilita identificar una tendencia en cuanto a tiempo y empleo de recursos por parte de los jefes de servicios.

Basado en el problema antes expuesto se define como **objeto de estudio**: proceso de Atención al paciente quirúrgico, enmarcado en el **campo de acción**: análisis de la información generada durante el proceso de Atención al paciente quirúrgico en cuanto a tiempo y empleo de recursos.

Se plantea como **objetivo general**: desarrollar una vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS, que permita mejorar el análisis de información de los datos generados en los servicios quirúrgicos.

Para dar solución al objetivo planteado se definieron las siguientes tareas de la investigación:

1. Análisis de los sistemas informáticos existentes a nivel nacional e internacional que utilizan análisis de redes sociales y minería de procesos para la identificación de relaciones de causalidad, para establecer similitudes con la investigación en curso.
2. Análisis del proceso de negocio Atención al paciente quirúrgico, para el desarrollo de la vista de análisis de información.
3. Análisis del funcionamiento de la métrica basada en causalidad, identificando los cambios necesarios para proveer un mejor análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos, en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS.
4. Asimilación de las herramientas y tecnologías definidas en el proyecto XAVIA HIS, del Centro de Informática Médica para el desarrollo de la vista de análisis de información.

---

<sup>1</sup> Se refieren a las listas de espera de los pacientes que están planificados para un mismo día en un hospital.

5. Implementación de una vista de análisis de información para la identificación de relaciones basadas en causalidad, incorporada al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS, utilizando la técnica Minería por subcontratación de tareas.
6. Realización de las pruebas de Caja blanca y Caja negra para validar el correcto funcionamiento de la vista de análisis de información desarrollada.

Los métodos científicos propuestos a utilizar en la investigación son los siguientes (Sampieri, et al., 2013):

### 1. Métodos teóricos:

- Analítico-sintético: se utilizó para la descomposición del problema científico en elementos por separado y la profundización en el estudio de cada uno de ellos, para luego sintetizarlos en la propuesta de solución.
- Histórico-lógico: se empleó para el análisis de los sistemas informáticos existentes que analizan redes sociales desde la minería de procesos, en función de comprender mejor el alcance de la investigación.
- Modelación: se usó para el diseño y desarrollo del algoritmo basado en causalidad, así como en la graficación a partir de la transferencia de trabajo del personal, lo que contribuye a la toma de decisiones clínico-administrativas.

### 2. Método empírico:

- Experimentación: se empleó el método con un juego de datos en los que fueron conservados los datos reales del personal asistencial y operaciones realizadas. Con ello se pudo comprobar el correcto funcionamiento de la vista de análisis de información una vez desarrollada.
- Análisis documental: permitió realizar un estudio de los sistemas informáticos que sirven de apoyo en el proceso de análisis de información, para llevar a cabo un estudio de sobre el comportamiento de estos sistemas y cuáles son las ventajas que proporcionan. Además de

realizar un estudio de los algoritmos que se utilizan para la inferencia de redes de interacción social. Se realizó consulta de libros y de artículos científicos digitales.

- Entrevista individual no estructurada: permitió realizar un levantamiento de la información necesaria sobre el proceso de Atención al paciente quirúrgico y su posterior análisis por parte del personal cualificado. Para ello se elaboró una guía, garantizando así que fueran descritos los aspectos fundamentales de este proceso.

Al culminar la investigación se espera que la vista de análisis de información desarrollada permita obtener los siguientes beneficios:

- Permitirá identificar relaciones de causalidad entre los miembros de un determinado servicio quirúrgico, posibilitando una mejor toma de decisiones clínico-administrativas y atención al paciente quirúrgico.
- Se podrán identificar tendencias en cuanto al tiempo de duración de las intervenciones quirúrgicas, posibilitando la disminución del tiempo de los pacientes en las listas de espera y salones de operaciones.
- Se podrán identificar comportamientos en cuanto al empleo de recursos y la carga de trabajo de los especialistas que intervienen en un servicio quirúrgico, posibilitando una mejor distribución de las tareas de cada uno.

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

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud: se aborda los conceptos relacionados al proceso Atender al Paciente en el Bloque Quirúrgico, se analizan varios sistemas informáticos vinculados al análisis de trazas en la minería de procesos utilizando la técnica de Minería de Redes Sociales y se abordan también los principales conceptos en torno a la creación de la vista de análisis

de información, así como las herramientas y técnicas a utilizar para su desarrollo que dé solución al problema planteado.

CAPÍTULO 2. Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS: se describe el diseño de la propuesta de solución, el patrón arquitectónico y los patrones de diseño a utilizar. Se abordan los temas relacionados con el principio de funcionamiento y análisis de la Métrica basada en causalidad. Además, la selección de los elementos estructurales y las interfaces de la vista de análisis de información, junto con su comportamiento.

CAPÍTULO 3. Validación de la vista de análisis de información: se describirán las validaciones realizadas a la personalización propuesta como complemento del sistema XAVIA HIS, teniendo en cuenta las pruebas de Caja blanca y Caja negra y una comparación entre sistemas. Además, se analizan los resultados obtenidos en cuanto a tiempo y empleo de recursos.

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

## CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

En el presente capítulo se abordan conceptos fundamentales del proceso Atención al paciente quirúrgico, se tratan las características de los especialistas que intervienen en el mismo y los conceptos asociados al análisis de redes sociales y a la minería de procesos, sus principales técnicas, algoritmos y perspectivas, para así facilitar la comprensión del alcance de la presente investigación. Además, se describen las tecnologías y herramientas utilizadas para dar cumplimiento al objetivo general de la misma.

### 1.1 Conceptos básicos asociados al dominio del problema

El Bloque Quirúrgico es el área centralizada en la que se genera toda la actividad quirúrgica del hospital. Esta actividad transcurre en la unidad quirúrgica o quirófano que es el sitio en donde se llevan a cabo las diferentes intervenciones quirúrgicas, por lo que representa un servicio del departamento de cirugía.

- La intervención quirúrgica debe realizarse por un cirujano<sup>2</sup> (médico especialista en un servicio quirúrgico), el cual es el encargado de realizar la solicitud de intervención quirúrgica, documento que recoge los datos generales del paciente y causa por la que será intervenido quirúrgicamente.
- El anestesiólogo no es más que un especialista en anestesia que se encarga de monitorear el estado de salud del paciente antes, durante y después de la intervención quirúrgica. En el proceso de atender al paciente quirúrgico también intervienen un conjunto de enfermeros que pueden ser desde circulantes, instrumentistas, o ayudantes de anestesia.
- Los enfermeros circulantes tienen la labor de supervisar que el quirófano esté limpio y ordenado. Recibirá al paciente identificándose e identificándolo, mitigando en lo posible su

---

<sup>2</sup> Persona legalmente autorizada a practicar la cirugía

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

ansiedad y temor. Supervisará y controlará que el paciente llega al quirófano en las condiciones higiénicas demandadas.

- Los enfermeros instrumentistas deben conocer y estar preparados para colaborar en todos los pasos quirúrgicos de las intervenciones a realizar. Colaborará en el montaje del campo quirúrgico. Entregará el material solicitado por los cirujanos y/o ayudantes, tomará muestras intraoperatorias y las pasará al circulante, entre otras actividades.
- Los enfermeros de anestesia son los encargados de preparar el material de anestesia, supervisar, comprobar y reponer todo el material que fuese necesario para la intervención, tomando del almacén de anestesia los fármacos requeridos y anotándolo en el libro de registro correspondiente.

## 1.1.1 Tipos de intervenciones quirúrgicas:

### 1. Según la urgencia o planificación de la intervención ([Operarme.es, 2016](#)):

- Urgencia extrema: es necesaria una intervención inmediata, ya que entra en juego la vida o la función de algún órgano del paciente.
- Urgencia: hay que intervenir cuanto antes, en un plazo máximo de veinticuatro a cuarenta y ocho horas, ya que la situación puede poner en riesgo la vida o la función de algún órgano del paciente.
- Planeada: son las intervenciones quirúrgicas que se programan, ya que la solución del problema no es de urgencia, pero debe ser solucionado para evitar mayores riesgos en el futuro.
- Diagnóstica: es necesaria la intervención quirúrgica para conocer el origen y el comportamiento de las células que causan el problema.
- Electiva: el paciente puede decidir si someterse o no la intervención quirúrgica, y el no someterse a ella no conlleva graves consecuencias.

### 2. Según la finalidad ([Operarme.es, 2016](#)):

- Cirugía curativa: pretende solucionar el problema, habitualmente retirando la zona afectada.

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

- Cirugía reparadora: su finalidad es reparar las zonas que se encuentren dañadas o debilitadas y corregir deformaciones y desviaciones.
  - Cirugía Paliativa: se lleva a cabo para disminuir los síntomas de algún problema o enfermedad, pero no acaba con él.
  - Cirugía Estética: son intervenciones quirúrgicas que se llevan a cabo para mejorar el aspecto del paciente, pero que no tienen una base médica o funcional.
3. Según la gravedad o extensión o importancia ([Operarme.es](http://Operarme.es), 2016):
- Cirugía menor: es la que no presenta riesgo para la vida del paciente. Suele ser sencilla y puede practicarse tanto en un hospital como en un centro de salud. Para ella suele usarse anestesia local y el tiempo de recuperación tras la intervención quirúrgica es breve. Por su baja tasa de complicaciones, la cirugía menor no suele requerir hospitalización, por lo que el paciente vuelve a su casa el mismo día de la intervención.
  - Cirugía mayor: es la más seria, ya que implica un riesgo para la vida del paciente. Suele realizarse bajo anestesia general, por lo que requiere la hospitalización del paciente y la recuperación es más larga. Es una cirugía muy propensa a presentar complicaciones.

## 1.2 Proceso

La palabra proceso aparece del latín *processus*, que significa avance y progreso. Según la ISO se define como “una actividad o un conjunto de actividades que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados” ([ISO 9001](http://ISO 9001), 2008).

El modelo europeo de excelencia empresarial, conocido como modelo EFQM, define proceso como, una secuencia de actividades que va añadiendo valor mientras se produce un determinado producto o servicio a partir de determinadas aportaciones.

El Soporte a Procesos Empresariales (EPS por sus siglas en inglés) lo plantea como “conjunto de tareas de trabajo interrelacionadas que se inician en respuesta a un evento y logra un resultado específico para el cliente del proceso”.

# **CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud**

---

Los autores de la presente investigación se basan en la definición de proceso dada por la serie de normas internacionales ISO 9001 del año 2008.

## **1.3 Gestión basada en procesos**

El enfoque basado en procesos en las organizaciones de información es la forma más eficaz para llevar a cabo acciones que satisfagan las necesidades de los usuarios con información relevante, oportuna y precisa que facilite la toma de decisiones estratégicas y operativas. Además, pueden identificarse y gestionarse numerosos procesos interrelacionados, analizar y seguir coherentemente el desarrollo de los procesos en su conjunto, así como obtener la mejora continua de los resultados por medio de la erradicación de errores y procesos redundantes. Es por ello que la ISO 9001, promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos, dando lugar a la Gestión de Procesos de Negocio.

La Gestión de Procesos de Negocio (BPM por sus siglas en inglés), según algunos autores, busca apoyar los procesos de negocio utilizando métodos, técnicas y software para diseñar, aprobar, controlar y analizar los procesos operativos con interacción de seres humanos, organizaciones, aplicaciones, documentos y otras fuentes de información, así como la definición, ejecución y seguimiento de los procesos de negocio por medio de sistemas que soportan el análisis, diseño, modelado, automatización y promulgación de estos mismos, permitiendo el cumplimiento de reglas de negocio y políticas.

Según Van Der Aalst y Ter Hofstede, BPM permite, utilizando métodos, técnicas y software, diseñar, ejecutar, controlar y analizar procesos operacionales que involucran personas, organizaciones, aplicaciones, documentos y otras fuentes de información. También es conocida como una gestión integral que promueve la eficacia empresarial y la eficiencia mientras se esfuerza por innovación, flexibilidad y la integración con la tecnología.

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

## 1.4 Minería de procesos

La minería de procesos es una disciplina de investigación relativamente joven que se ubica entre la inteligencia computacional y la minería de datos, por una parte, y la modelación y análisis de procesos, por otra (van der Aalst et al., 2012) posibilitando entender cómo son ejecutados en realidad los procesos en el sistema. A diferencia de la modelación tradicional de procesos, que emplea herramientas y donde interviene el factor humano y la concepción de lo que se debe hacer, la minería de procesos muestra lo que realmente sucede. Esto permite realizar un estudio más analítico de los procesos y del funcionamiento de una empresa, basado en hechos que ya ocurrieron y que muestran la realidad de la ejecución de los procesos que se encuentran guardados como registros de eventos (van der Aalst et al., 2012).

El punto de partida de esta disciplina de investigación es BPM, que es la base para los Sistemas de Administración de Procesos de Negocios que generan la información sobre la que trabaja la minería de procesos. La información de estos sistemas se almacena en registros de trazas y un correcto análisis de estos datos puede ayudar a mejorar la forma en que se ejecutan y gestionan los procesos en la organización.

### 1.4.1 Tipos de minería de procesos

Existen tres tipos principales de minería de procesos (ver figura 1): el descubrimiento de proceso, la verificación de conformidad y el mejoramiento de modelos (van der Aalst, 2011).



# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

solución) a la que se le realizan varias iteraciones del algoritmo genético acercándose cada vez más a la solución apropiada (van der Aalst et al., 2012) (Bratosin et al., 2011).

- *Fuzzy Miner* (Minería Difusa): Con la aplicación de esta técnica se obtiene un modelo basado en gráficos, capaz de proporcionar una vista de alto nivel de un proceso, con la abstracción de los detalles no deseados. Asimismo, permite agrupar tareas, aunque considera que cada tarea pertenece a un único nodo; y es empleada en el diagnóstico del registro de eventos, donde posibilita realizar análisis preliminares al descubrimiento, basados en la correlación entre las tareas y la importancia de una secuencia (Günther et al., 2007).
- *Heuristic Miner* (Minería Heurística): Este algoritmo, creado en 2006 por Weijters y otros, tiene en cuenta las frecuencias de los eventos. Este dato es usado para derivar las relaciones causales y de paralelismo. La Minería Heurística, es capaz de tratar con el ruido y la baja frecuencia, además es poco sensible al carácter incompleto de los registros, y puede utilizarse para expresar el comportamiento principal almacenado en un registro de eventos (Weijters et al., 2011).
- *Mining Social Networks* (Minería de Redes Sociales): Ofrece enfoques y herramientas que combinan los conceptos de gestión de flujos de trabajo con análisis de redes sociales (ARS), permitiendo la inferencia de redes de interacción social. ARS es un acercamiento al estudio de las interacciones sociales humanas y brinda una colección de métodos, técnicas y herramientas de propósitos socio-métricos. Hay una gran cantidad de herramientas que permiten la visualización de dichas redes y su análisis. Para una red simple con unos pocos casos y ejecutantes, los resultados pueden parecer triviales; sin embargo, para las organizaciones más grandes con muchos casos puede ser posible descubrir estructuras interesantes (van der Aalst et al., 2012).

En la **verificación de conformidad** se compara un modelo de proceso existente con un registro de eventos del mismo proceso. Esto permite comprobar si existen desviaciones entre la ejecución real y el modelo previo, utilizando estas desviaciones se realiza la mejora al modelo incorporándole la información obtenida en las etapas anteriores.

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

La **mejora de modelos** de procesos es extender o mejorar un modelo de proceso existente usando la información acerca del proceso real almacenada en algún registro de eventos.

## 1.4.2 Perspectivas de la minería de procesos

La minería de procesos puede abarcar diferentes perspectivas para realizar el análisis de los datos. Estas perspectivas describen el tipo de información que se puede extraer dependiendo de la información almacenada en el registro de eventos o de los objetivos que se persiguen con la aplicación de las técnicas de minería de procesos. A continuación, se describen algunas de las perspectivas más utilizadas:

**Perspectiva organizacional:** responde a la pregunta ¿Quién realiza un trabajo determinado? trabajando sobre la información referente a los usuarios del sistema que ejecutaron cada actividad en específico. Se enfoca en la información sobre los recursos ocultos en el registro, es decir, qué actores (personas, sistemas, funciones y departamentos) están involucrados y cómo se relacionan. El objetivo es estructurar la organización al clasificar a las personas en términos de las funciones y roles, así como mostrar la relación entre los distintos usuarios (construir una red social).

**Perspectiva de control de flujo:** se enfoca en el control de flujo, i.e., el orden de ejecución de las actividades. El objetivo es encontrar una buena caracterización de todos los caminos posibles. El resultado se expresa típicamente en términos de una red de Petri o alguna otra notación de procesos (i.e. EPCs, BPMN, o diagramas de actividad UML), actores (i.e. personas, sistemas, o departamentos) que están involucrados y cómo se relacionan. El objetivo es estructurar la organización clasificando las personas en términos de roles y unidades organizacionales, o mostrar la red social.

**Perspectiva de casos:** se enfoca en las propiedades de los casos (caracterización por rutas, actores u otros elementos). Se deben analizar las propiedades de los casos que sean relevantes para el estudio. Es útil cuando existen desviaciones y se requiere estudiar en qué punto del proceso se originó. Por ejemplo, si se detectan rutas que no corresponden a lo establecido, se pueden analizar los casos en que ello ocurre.

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

Perspectiva temporal: puede ser aplicada cuando se tiene información con relación al tiempo en el registro de eventos, permitiendo integrar al modelo las marcas de tiempo, la misma 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.

## 1.5 Análisis de redes sociales aplicados en la salud

Una red social es una estructura social compuesta por un conjunto de actores (tales como individuos recursos u otros), que están relacionados de acuerdo a algún criterio determinado. Normalmente se representan simbolizando los actores como nodos y las relaciones como líneas que los unen.

El análisis de redes sociales (ARS) es una disciplina proveniente de la sociología, por lo cual contiene un gran número de herramientas con propósitos socio-métricos, posibilitando inferir redes de interacción social, así como analizar tendencias y comportamientos; es por ello que son provechosas en el contexto que se analiza.

En el estudio realizado, se puede evidenciar como el ARS ha sido utilizado de manera satisfactoria en el sector de la salud con resultados positivos. Se destacan fundamentalmente:

1. Por su parte, Chambers aborda que el análisis de redes sociales ha sido ampliamente utilizado en una variedad de disciplinas, pero se aplica más comúnmente para ayudar a mejorar la eficacia y la eficiencia de los procesos de toma de decisiones en las organizaciones comerciales, llegando a incidir positivamente su aplicación en el sector de la salud (Chambers et al., 2012).
2. El uso de ARS para el entendimiento de las relaciones sociales entre individuos en la atención médica es un enfoque innovador y relativamente reciente. En la investigación se realiza una inferencia de redes profesionales en tres unidades de enfermería de un gran hospital en EUA para examinar el flujo de información, así como las interacciones entre los grupos y personal más exitoso (Desikan, 2013).

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

3. El sector de la salud tiene grandes cantidades de datos semánticamente valiosos. El ARS tiene la capacidad para explorar el contexto y las situaciones que conducen a la asistencia sanitaria eficiente y eficaz. En la investigación es analizado un hospital privado de Australia mediante ARS, aplicado a la reclamación de seguros en salud, para entender la naturaleza de la colaboración entre los médicos que tratan a pacientes hospitalizados por tipos específicos de tratamiento y explorar el impacto de la colaboración en costos y calidad de la atención (Wang, 2014).

## 1.6 Métricas

Para inferir relaciones entre los recursos a partir de los registros de eventos se hace necesaria la utilización de alguna forma de medición, que permita definir la fortaleza de las relaciones que se establecen entre los individuos. A ello se le denomina métrica (van der Aalst et al., 2004), a continuación, se relacionan las principales y un conjunto de complementos que permiten inferir Redes Sociales a partir de un criterio determinado:

1. Métricas basadas en causalidad: analizan para casos individuales cómo el trabajo se mueve entre los recursos.
  - *Mine for a Handover of Work Social Network* (Transferencia de trabajo): los recursos estarán relacionados si las tareas son transferidas de uno a otro.
  - *Mine for a Subcontracting Social Network* (Subcontratación de tareas): un recurso subcontrata a otro si por cada dos tareas realizadas por este, el otro realiza al menos una.
2. Métricas basadas en casos en común: se asume que si los individuos trabajan juntos en los mismos casos entonces tendrán una relación más fuerte que los individuos que rara vez trabajan juntos.
  - *Mine for a Working Together Social Network* (Trabajo conjunto).

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

3. Métricas basadas en actividades en común: se asume que los individuos que realizan actividades similares tienen una conexión más fuerte que las personas que hacen tareas completamente diferentes.
  - *Mine for a Similar Task Social Network* (Tareas en común)
4. Métricas basadas en tipos de eventos especiales: consideran que no todos los eventos son iguales, determinando relaciones de jerarquía.
  - *Mine for a Reassignment Social Network* (Reasignación de trabajo)

## 1.7 Registro de eventos

Las trazas de ejecución de los procesos constituyen una valiosa fuente de información para el análisis del funcionamiento de los mismos. Una traza está compuesta por una secuencia de eventos ordenados según su ocurrencia. Las técnicas de minería de procesos asumen que es posible registrar eventos secuencialmente. Se le denomina registro de eventos al resultado del almacenamiento de las actividades de un proceso, ejecutadas en un período determinado de tiempo; donde cada proceso está compuesto por casos, los cuales son instancias del mismo.

Los casos contienen atributos o propiedades, además de estar compuestos por eventos que representan pasos bien definidos dentro del proceso y poseen atributos, entre los más usados se encuentran: actividad, recursos, costo y tiempo. Para diferenciar los casos y los eventos, a cada uno de ellos se le asigna un identificador, mientras que los atributos de cada evento ayudan a extender el modelo con información extra.

Los registros de eventos son definidos generalmente con el tipo de dato Xlog y uno de los estándares que los estructuran es el XES (*eXtensible Event Stream*), estándar XML para los registros de eventos que ha sido adoptado por la IEEE *Task Force on Process Mining* (Grupo de Trabajo de Minería de Procesos), como el formato por defecto, siendo respaldado por la *OpenXES library* y por herramientas tales como ProM, XESame, Nitro, entre otras. Su principal propósito es ofrecer un formato de intercambio de registros de eventos entre herramientas y dominios de aplicaciones.

# **CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud**

---

Además del formato de almacenamiento del registro de eventos, para asegurar un análisis de minería de procesos exitoso, se debe garantizar la calidad del registro de eventos. 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.

## **1.8 Soluciones existentes a nivel internacional y nacional**

Para la búsqueda de soluciones existentes que permitan la inferencia de relaciones entre personas, los autores de la presente investigación plantean un conjunto de características, que apoyan la toma de una decisión a la hora de determinar si son factibles de usar o no, estas son:

- **Análisis de redes sociales y minería de procesos como principales características:** debido a que la investigación se centra en un análisis de información enfocado a procesos.
- **Comercializable:** se analiza esta característica debido a que en el sistema donde se va incorporar la propuesta de solución, es un sistema que se comercializa y no puede contener en su interior una herramienta o funcionalidad que no lo permita.
- **Licencia:** se analiza para verificar que la licencia que utilicen estos sistemas le permitan ser usados o incorporados a otros.
- **Genérico:** se tiene en cuenta para saber si son adaptables al sector de la salud.

### **1.8.1 Nivel internacional**

A nivel internacional se encontraron tres herramientas fundamentales para el análisis de redes sociales y minería de procesos, las cuales son por sus características y popularidad, las más usadas por la comunidad científica internacional. A continuación, se brinda una breve descripción de cada una de ellas.

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

**ProM:** herramienta genérica, de código abierto y distribuida gratuitamente que agrupa las principales técnicas desarrolladas en la minería de procesos, es una plataforma independiente que soporta gran variedad de técnicas de minería de procesos y permite exportar sus *plugins*, como por ejemplo *Social Network* y obtener su código y modificarlo si se necesita. Ha sido el estándar impuesto para la minería de procesos durante la última década (ProM, 2010).

Su desarrollo es impulsado por la Universidad Tecnológica de Eindhoven, Holanda, donde se encuentra el grupo de investigación más destacado en el área. ProM tiene una arquitectura que permite ir agregando progresivamente nuevos *plugins*. Además, soporta una amplia gama de modelos de flujo de control, incluyendo varios tipos de redes de Petri, *Event-driven Process Chains* (EPC), *Business Process Modeling Notation* (BPMN) y *Business Process Execution Language* (BPEL).

ProM es compatible con modelos para representar las reglas, las Redes Sociales y estructuras organizacionales. Permite el proceso de descubrimiento, la comprobación de la conformidad, análisis de redes sociales, la minería de organización y la minería de decisión (van der Aalst, et al., 2012). En cuanto a desventajas de uso se puede mencionar que la herramienta requiere experiencia en minería de procesos, muestra modelos poco entendibles para personas con pocos conocimientos sobre minería de procesos y no está respaldada por una organización comercial (van der Aalst, et al., 2009).

**Disco:** herramienta desarrollada y distribuida por Fluxicon en 2009, tiene fines comerciales y posee licencia comercial y académica limitada. Sin embargo, presenta una buena alternativa para personas que tienen conocimientos básicos de minería de procesos, pero que no son necesariamente expertas, ya que concentra las mejores técnicas (se basa en Fuzzy Mining), las que ya han sido probadas y han demostrado buenos resultados, facilitando la labor del analista. Además, permite simular, usar distintos niveles de generalización y tiene una interfaz de usuario atractiva e intuitiva (van der Aalst, et al., 2012).

Fue diseñada para hacer la importación de datos por las marcas de tiempo de detección automática, recordando los valores de configuración, y por la carga de los conjuntos de datos con alta velocidad e implementada con el objetivo de ser una herramienta profesional para el apoyo a las organizaciones

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

en el control de sus procesos. También es totalmente compatible con las herramientas académicas ProM 5 y 6.

**Pajek:** es un software para el análisis y visualización de redes sociales, desarrollado en la universidad de Ljubljana, Slovenia, por Vladimir Batagelj, Andrej Mrvar y la contribución de Matjaž Zaveršnik. Es un software libre para uso no comercial. Otorga un particular énfasis al estudio de las relaciones entre entidades sociales, a los patrones, antecedentes y consecuencias de las mismas. Se basa en la teoría de grafos para crear las redes sociales, donde los nodos representan individuos y las aristas representan los vínculos que los unen, así un grafo puede representar a un conjunto de individuos junto con un conjunto de vínculos que los unen (Ruiz et al., 2013).

La estructura del archivo de datos de entrada para Pajek está basada en la representación de una red mediante un grafo. El archivo consta de dos partes: la definición de los actores y la definición de los vínculos. Primeramente, debe crearse un archivo de texto con extensión .net, este va a contener primeramente los actores, uno por renglón y enumerados consecutivamente, luego se pone el identificador “Edges” y se definen los vínculos; para cada vínculo se usará el número que se le definió a cada actor (Ruiz et al., 2013). Esta aplicación puede manejar cómodamente redes grandes, posee una gran cantidad de algoritmos para análisis de redes y puede exportar las redes a una gran variedad de formatos.

A partir de las características antes definidas y el estudio de las herramientas descritas, se realizó una tabla comparativa donde se pueden apreciar cómo es el comportamiento de cada una de estas herramientas con respecto a las características propuestas, para llegar a la conclusión de si estas son posibles de utilizar o no en la presente investigación.

Tabla 1: Soluciones existentes. Fuente: Elaboración propia.

Herramientas	ARS	Minería de procesos	Comercial	Licencia	Genérico
ProM	Sí	Sí	No	Libre, paquete de	Sí

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

				<i>plugins</i> bajo licencia L-GPL.	
Disco	Sí	Sí	Sí	Propietario, aunque posee una licencia gratuita limitada con fines académicos.	Sí
Pajek	Sí	No	No	Libre	Sí

Se comprobó que, a pesar de que las herramientas estudiadas permitan el análisis de redes sociales y sean genéricas, lo que posibilitaría su uso en cualquier sector de la sociedad, como el de la salud, ninguna puede ser utilizada. Disco y ProM son herramientas líderes en el área de minería de procesos, siendo Disco de licencia gratuita limitada con fines académicos y ProM de código abierto distribuida gratuitamente que requiere experiencia por parte de los usuarios en minería de procesos y no está respaldada por una organización comercial. Por su parte, Pajek es un software libre, que permite realizar análisis de redes sociales, visualiza y grafica redes, pero no permite realizar análisis de minería de procesos.

## 1.8.2 Nivel nacional

En Cuba no se encuentra documentación publicada que valide la existencia de algún sistema de minería de procesos que realice análisis de procesos mediante Redes Sociales, solamente se han realizado investigaciones haciendo uso de herramientas como ProM y Disco y se han publicado estudios como:

- Lógica difusa compensatoria para el análisis inteligente de Redes Sociales: artículo donde se presenta una propuesta para extender el marco de trabajo de la lógica difusa al análisis inteligente de las redes sociales usando las propiedades de robustez e interpretabilidad asociadas a la lógica difusa compensatoria. Mediante este enfoque es analizada la

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

importancia de los caminos teniendo en cuenta la longitud y la fortaleza de la conexión entre nodos de la red ([Leyva-Vázquez et al., 2014](#)).

- El análisis de las redes sociales en la identificación de las relaciones de colaboración: estudio de la Revista Cubana de Ciencia Agrícola: publicación que afirma que el análisis de las redes sociales permite determinar las relaciones de colaboración que se establecen en cualquier estructura organizativa. La identificación de los autores más destacados con respecto a la cooperación en la revista y sus relaciones de colaboración, según el artículo, permitió identificar frentes de colaboración y de intercambio de la información/conocimiento, lo que, sin dudas, facilitó la comprensión de los cambios que se debían realizar para mejorar su acceso a ese insumo esencial de la actividad de toda organización moderna ([Basnuevo, 2009](#)).

## 1.9 Ambiente de desarrollo

En un ambiente o entorno de desarrollo se muestra la combinación de herramientas que soporta una gran parte de las tareas del desarrollo de un software. Las herramientas deben estar bien integradas para que puedan inter-operar unas con otras. En resumen, el ambiente de desarrollo está formado por el conjunto de instrumentos (hardware, software, procedimientos, y otros) que facilitan o automatizan las actividades de desarrollo. A continuación, se describe el lenguaje, las herramientas y las tecnologías para materializar la investigación, cumpliendo con las políticas de independencia tecnológica definidas en Cuba.

### 1.9.1 Lenguaje de programación

**Java 1.7:** es un lenguaje de programación robusto, multiplataforma. Tiene muchas similitudes con el lenguaje C y C++. La principal característica de Java es la de ser un lenguaje compilado e interpretado y la de estar orientado a objetos. Fue desarrollado por James Gosling de Sun Microsystems (la cual fue adquirida por la compañía Oracle) y publicado en 1995 como un componente fundamental de la plataforma Java de Sun Microsystems. Todo programa en Java ha de compilarse y el código que se genera es interpretado por una máquina virtual. Dentro de sus

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

principales ventajas se encuentra la de ser multiplataforma, por tanto, la personalización a desarrollar podrá ser utilizada desde cualquier entorno (propietario, libre).

## 1.9.2 Herramientas y tecnologías a utilizar

Como complementos para lograr la materialización de la investigación se utilizan las siguientes herramientas y tecnologías:

**Java Server Faces (JSF) 1.2:** es un marco de trabajo que define un modelo de componentes de interfaz de usuario y de eventos. Permite manejar el estado de los componentes de usuario, manejar sus eventos, la validación y conversión del lado del servidor y centralizar la navegabilidad de las páginas de la aplicación. JSF es el marco estándar que proporciona Java para construir aplicaciones web, sigue el patrón Modelo Vista Controlador (MVC), proporcionando una manera de validar datos, llamar a reglas de negocio, y devolver los resultados al cliente ([JSF, 2016](#)).

**Java Platform Enterprise Edition (JavaEE) 5.0:** 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. Se basa ampliamente en componentes de software modulares y se ejecuta sobre un servidor de aplicaciones ([Franky, 2010](#)).

**Java Persistence API (JPA):** proporciona un modelo de persistencia basado en la programación orientada a objeto para mapear bases de datos relacionales en Java. El Java Persistence API fue desarrollado por el grupo de expertos de EJB 3.0 como parte de JSR 220, aunque su uso no se limita a los componentes software EJB. También puede utilizarse directamente en aplicaciones web y aplicaciones clientes; incluso, fuera de la plataforma Java EE, por ejemplo, en aplicaciones Java SE ([API, 2016](#)).

**Hibernate 3.3:** es un marco de trabajo de persistencia para Java de libre distribución que facilita el mapeo de atributos entre una base de datos relacional y el modelo de objetos de una aplicación. Además, proporciona un potente lenguaje de consultas denominado *Hibernate Query Language* (HQL) ([Hibernate, 2016](#)).

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

**SEAM 2.1:** es un marco de trabajo que integra la capa de presentación (JSF) con la capa de negocios y persistencia (EJB), funcionando, según versa su significado en español, como una “costura” entre estos componentes. Es una potente plataforma de desarrollo de código abierto para construir aplicaciones ricas de Internet en Java. Seam integra tecnologías como JavaScript asíncrono y XML (AJAX), *JavaServer Faces* (JSF), *Java Persistence Api* (JPa), *Enterprise Java Beans* (EJB 3.0) y *Business Process Management* (BPM) ([Liu, 2011](#)).

**Java Runtime Environment (JRE):** es el acrónimo de *Java Runtime Environment* (entorno en tiempo de ejecución Java) y se corresponde con un conjunto de utilidades que permite la ejecución de programas java sobre todas las plataformas soportadas. JVM (máquina virtual Java) es una instancia de JRE en tiempo de ejecución. Este interpreta el código Java y está compuesto además por las librerías de clases estándar que implementan el API de Java. Ambas JVM y API deben ser consistentes entre sí, de ahí que sean distribuidas de modo conjunto ([Lucifer, 2016](#)).

**Jboss Server 4.2:** es un servidor de aplicaciones J2EE de código abierto implementado en Java puro. Al estar basado en Java, JBoss puede ser utilizado en cualquier sistema operativo para el que esté disponible Java. Proporciona una herramienta útil para el desarrollo y despliegue de aplicaciones Java, aplicaciones Web y portales. JBoss AS puede ser descargado, utilizado, incrustado y distribuido sin restricciones por la licencia ([Jboss, 2016](#)).

**Facelets 1.1:** es un *framework* simplificado de presentación, donde es posible diseñar de forma libre una página web y luego asociarle los componentes JSF específicos. Aporta mayor libertad al diseñador y mejora los informes de errores que tiene JSF ([Liu, 2011](#)).

**RichFaces 3.3:** es una biblioteca de componentes web enriquecidos, de código abierto y basada en el estándar Java Server Faces (JSF). Provee facilidades de validación y conversión de los datos proporcionados por el usuario, administración avanzada de recursos como imágenes, código Javascript y Hojas de Estilo en Cascada (CSS) ([Liu, 2011](#)). Permitirá crear interfaces de usuario modernas de manera rápida, basadas en los componentes listos para usar, altamente configurables en cuanto a temas predefinidos por el propio marco de trabajo o desarrollados a conveniencia.

# CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud

---

**Enterprise JavaBeans (EJB) 3.0:** es un componente utilizado en Java que permite agrupar funcionalidades para formar parte de una aplicación, esto puede ser: un "Java Bean" agrupando información personal, datos sobre un pedimento, requerimientos de órdenes, entre otros. Permite realizar la administración automática de transacciones, seguridad, escalabilidad, concurrencia, distribución, acceso a ambientes portables y persistencia de datos. Incorpora el estándar JPA como el principal API de persistencia para aplicaciones EJB3 (Rumbaugh, et al., 2007). Su objetivo es simplificar el desarrollo de aplicaciones Java y estandarizar el API de persistencia para la plataforma Java. Forma parte de la especificación JEE 5.

**Jboss developer studio 8.0 (JBDS):** es un entorno de desarrollo creado y actualmente desarrollado por JBoss (una división de Red Hat) y Exadel, que incluye un amplio conjunto de funciones de herramientas y soporte para múltiples modelos y marcos de programación, como Java Enterprise Edition, RichFaces, JavaServer Faces, Enterprise JavaBeans, Java Persistence API e Hibernate y muchas otras tecnologías. Está totalmente probado y certificado para asegurar que todos sus *plugins*, componentes de tiempo de ejecución y sus dependencias sean compatibles entre sí. Las herramientas de desarrollo integradas se utilizan para crear aplicaciones Web ricas utilizando las tecnologías de código abierto como JBoss Seam, JBoss Application Server, entre otras.

**Vis.js:** es una librería de visualización basada en navegadores dinámicos. Está diseñada para ser fácil de usar, para manejar grandes cantidades de datos dinámicos, y para permitir la manipulación y la interacción entre ellos. Consta de los componentes de conjunto de datos, línea de tiempo, Red, Graph2d y gráfico 3d. Fue desarrollada por Almende B.V. y funciona muy bien en Chrome, Firefox, Opera, Safari, IE9 +, y la mayoría de los navegadores móviles (con soporte táctil completa). El código fuente de vis.js está disponible en el sitio <https://github.com> y se puede utilizar bajo la licencia MIT, una de tantas licencias de software que se origina en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (*MIT, Massachusetts Institute of Technology*).

**Sistema gestor de base de datos PostgreSQL 9.4:** se define como el conjunto de programas que administran y gestionan la información contenida en una base de datos. PostgreSQL, es un sistema de gestión de bases de datos relacional orientado a objetos y libre, su desarrollo es dirigido por una comunidad de desarrolladores que trabajan de forma libre. Entre sus características más distintivas

# **CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica de la investigación relacionada al análisis de redes sociales, la minería de procesos y los sistemas de información en salud**

---

se encuentra que soporta distintos tipos de datos, incluye herencia entre tablas, es Unicode, el tamaño máximo de la base de datos es ilimitado y está disponible para Linux, UNIX en todas sus variantes y Windows 32/64bit. La versión 9.4 agrega muchas nuevas características que mejoran la flexibilidad, escalabilidad y rendimiento de PostgreSQL para diferentes tipos de usuarios de bases de datos, incluyendo mejoras al soporte para JSON, replicación y rendimiento de los índices.

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

### CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

Se describe la propuesta de solución, el patrón arquitectónico, los patrones de diseño a utilizar y se abordan los temas relacionados con el funcionamiento y personalización de las técnicas de la Métrica basada en causalidad. Además, se realiza un breve análisis del módulo Bloque Quirúrgico y se detallan las principales funcionalidades que presenta la vista de análisis de información, así como los pasos necesarios para su incorporación al sistema XAVIA HIS.

#### 2.1 Descripción de la propuesta de solución

La vista de análisis de información, le permitirá al Jefe de servicio, mediante una interfaz sencilla e intuitiva, elegir un rango de fechas y un determinado servicio quirúrgico para realizar un análisis en cuanto a tiempo y empleo de recursos. Dicha interfaz se comunicará con la clase controladora, la cual, utilizando diferentes fuentes de datos, será capaz de generar una red social con la relación entre los principales recursos del servicio quirúrgico elegido (ver figura 2). Dado que la vista antes mencionada será incorporada al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS, se hace necesario analizarlo para comprender mejor su funcionamiento.

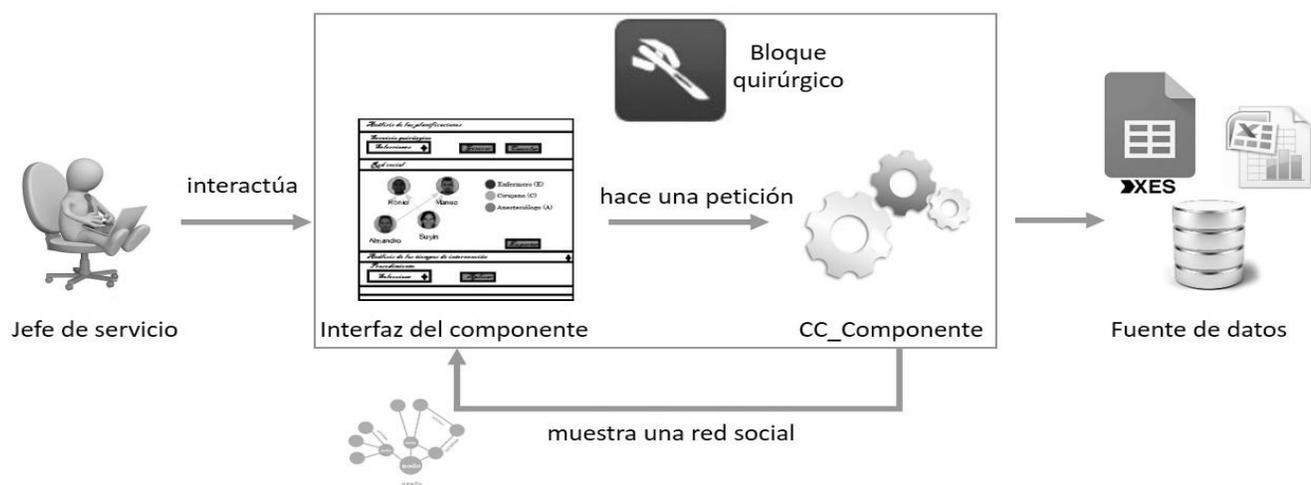


Figura 2: Propuesta de solución. Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS**

---

### **2.2 Análisis del módulo Bloque Quirúrgico**

Producto del análisis realizado a las entrevistas aplicadas a los especialistas del centro CESIM, incorporados al sistema XAVIA HIS del propio centro, se identificó que el módulo Bloque Quirúrgico tiene como objetivo el tratamiento del paciente mediante procedimientos quirúrgicos; para ello se apoya en la planificación de los recursos materiales y humanos.

Dentro de este módulo, se presta especial atención al proceso de Atención al paciente quirúrgico y a la información que se maneja en las solicitudes de intervención, las notas operatorias, las hojas de anestesia, el transoperatorio, los usuarios y sus respectivos roles (cirujano, anestesiólogo o enfermero), los procedimientos quirúrgicos y las complejidades de las intervenciones, ya que de cada uno de ellos se extraen los datos que posibilitan realizar los análisis en cuanto al tiempo y empleo de recursos.

De las solicitudes de intervención puede obtenerse qué cirujano(s), anestesiólogo y enfermero instrumentista deben operar, a partir de una solicitud que se hace al sistema de cada uno de ellos teniendo presente su disponibilidad. Además, se puede apreciar cuál es la duración aproximada que se estima de cada intervención, y una vez realizada, puede saberse cuántas horas y minutos duró realmente. Del transoperatorio, a partir de los datos recogidos de cada solicitud de intervención y su respectiva hoja de anestesia, se puede conocer qué cirujano(s), anestesiólogo y enfermero instrumentista realmente llevó a cabo la operación, permitiendo así realizar una comparación entre la planificación que se hizo inicialmente y la final.

#### **2.2.1 Flujo del proceso Atención al paciente quirúrgico**

Al llegar un paciente a un hospital se le atenderá en una consulta de cirugía, donde expondrá su dolencia o afectación al médico especializado que lo remitirá a un cirujano si es necesario realizar una intervención quirúrgica. Dicho cirujano, le explicará al paciente el proceso de cirugía, los detalles de la operación y planificará la fecha y hora de la intervención quirúrgica, datos que se guardan en las solicitudes de intervención quirúrgica. En dicha solicitud, deben aparecer los datos del paciente, los datos del servicio quirúrgico a realizar, así como el procedimiento a emplear, también debe contar

## **CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS**

---

con los datos de los especialistas que junto al cirujano conformarán el equipo de cirugía, y el quirófano donde será la intervención.

También existen casos en los que los pacientes llegan por emergencia al hospital y este es remitido directamente, si su condición lo amerita, a una intervención quirúrgica. Los hospitales siempre cuentan con un personal preparado para atender este tipo de urgencias en cualquier momento que se presenten. Es por ello que se realizan las planificaciones quirúrgicas, actividades dirigidas a organizar y utilizar los recursos limitados para lograr objetivos y metas en un tiempo y espacio predeterminados, para minimizar los riesgos de situaciones inesperadas que puedan afectar la ejecución de una intervención quirúrgica.

Conjuntamente con el cirujano, deben participar en la intervención un grupo de asistentes, enfermeros y un anestesiólogo, los cuales conforman el equipo quirúrgico encargado de efectuar la operación. Durante su realización, se registran los hallazgos encontrados y los medicamentos que se le van suministrando al paciente y al finalizar la misma, se elabora una Nota operatoria, documento donde se recogen los detalles de lo sucedido durante la cirugía y se actualiza su tiempo de duración en la solicitud de intervención. Posteriormente, el paciente pasa a la recuperación y el anestesiólogo se encarga de seguir su estado de salud, registrándolo en la Hoja de evolución hasta que, por su condición, el cirujano le dé el alta.

### **2.3 Desarrollo de la propuesta de solución**

Para el desarrollo de la vista de análisis de información se siguen una serie de pasos y se describen sus principales características y funcionalidades, posibilitando entender cómo fueron personalizadas las técnicas que emplea (Minería por transferencia de trabajo, Minería por subcontratación de tareas), así como las distintas fases que hay que seguir para lograr su adecuada incorporación al sistema XAVIA HIS.

#### **2.3.1 Descripción ampliada de la propuesta de solución**

Se plantea como propuesta de solución, desarrollar una vista de análisis de información que utilice la Métrica basada en causalidad, perteneciente al análisis de redes sociales desde la minería de

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

procesos, para la inferencia de relaciones entre los actores involucrados y que pueda ser incorporada al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS. Dicha vista, contará con una interfaz que permitirá visualizar información en forma de red social, entendible y de fácil uso para los que no sean expertos en el área de minería de procesos, posibilitando un análisis en cuanto a tiempo de duración de las intervenciones quirúrgicas y el empleo de recursos.

Para ello la interfaz se comunicará con las distintas clases diseñadas, haciéndole una petición a la clase controladora `CC_Componente.java` de un determinado servicio quirúrgico. Esta clase se encargará de obtener los datos necesarios para su correcto funcionamiento, accediendo a la información almacenada en un registro de eventos y en la base de datos del sistema XAVIA HIS. El registro de eventos es generado a partir de un componente de extracción y transformación de trazas en un determinado rango de fechas y una vez obtenido, se le aplica la técnica Subcontratación de tareas, para generar la red social. La clase `CV_analisis.xhtml`, será la encargada de mostrar esta red social en la interfaz de la vista antes mencionada, posibilitando realizar diferentes análisis por parte del Jefe de servicio (ver figura 3).

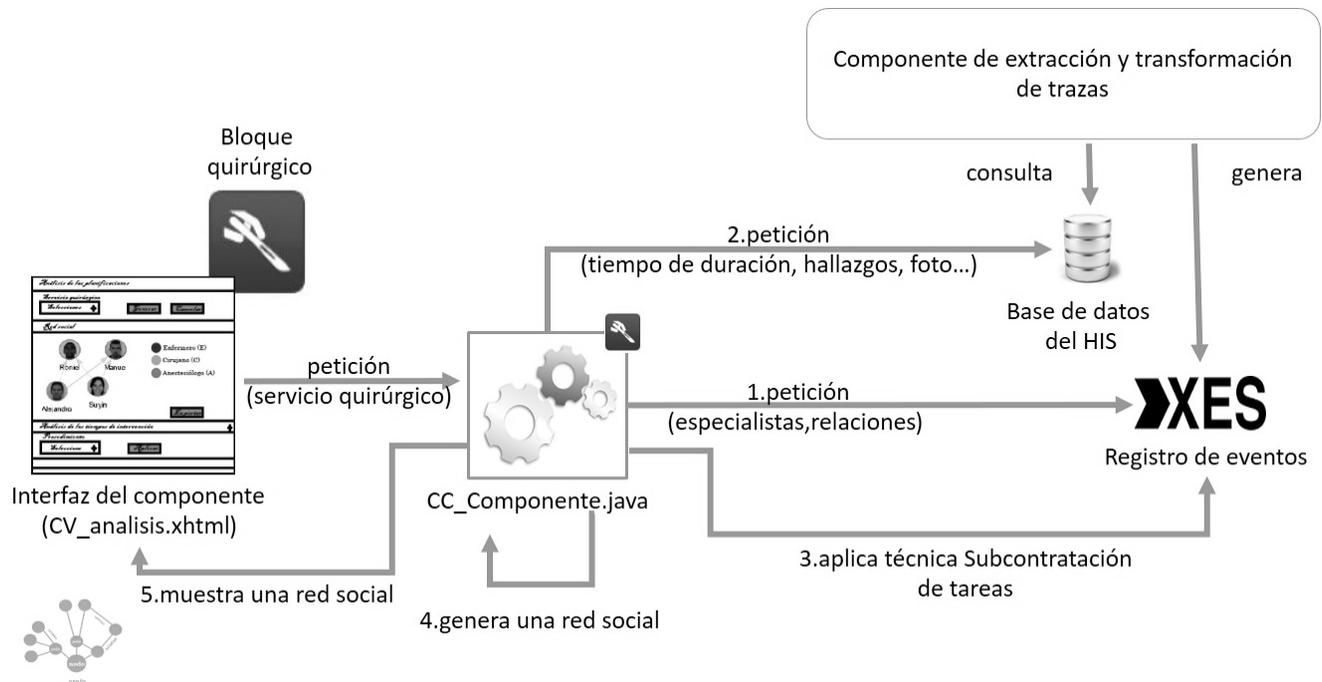


Figura 3: Propuesta de solución ampliada. Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

### 2.3.2 Personalización de las técnicas

Inicialmente se hace necesario obtener el código fuente de las técnicas Minería por transferencia de trabajo y Minería por subcontratación de tareas, técnicas que responden a la Métrica basada en causalidad y que forman parte del *plugin Social Network* de ProM, junto con otras tres técnicas: *Reassignment*, *Similar task* y *Working together* pero que responden a otras métricas.

El código puede ser descargado del sitio web “<https://svn.win.tue.nl/repos/prom/Packages/>”, repositorio de la Facultad de Matemática y Ciencias de la Computación de la Universidad Técnica de Eindhoven, usando el plugin de Jboss SVN. Una vez obtenido, se puede proceder a su personalización para que sea posible adaptar las técnicas para su incorporación a la vista de análisis de información dentro del módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS.

El *plugin Social Network* cuenta con cinco técnicas como se mencionó anteriormente, como la investigación se centra en la Métrica basada en causalidad, se les presta mayor atención a las técnicas Minería por transferencia de trabajo y Minería por subcontratación de tareas. Por ello, inicialmente se elimina los paquetes de clases pertenecientes a las demás técnicas (ver figura 4).

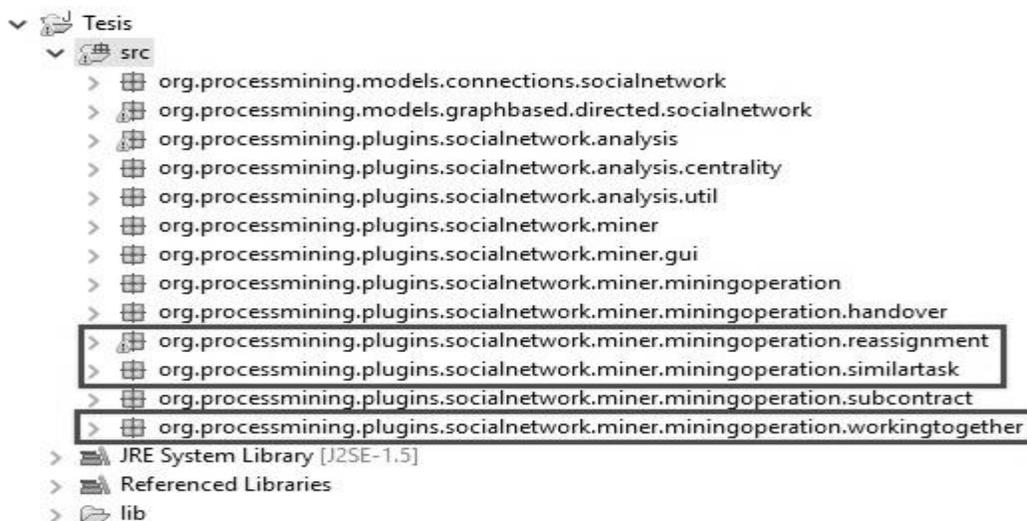


Figura 4: Paquete de clases, *Plugin Social Network*. Fuente: Elaboración propia.

Según una investigación de Chamorro y Maturana como la mayoría de las herramientas que brinda ProM permiten ser configuradas, recomiendan que de no conocerse cabalmente lo que implica cada

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

una de las medidas y métricas, se usen las configuraciones por defecto, ya que el modelo generado puede sufrir notorias variaciones al realizar modificaciones (Chamorro, 2013).

Por tanto, a partir de la necesidad de crear una vista de análisis de información intuitiva y fácil de utilizar para el personal clínico administrativo, y garantizando la correcta interacción con el sistema, se decide prescindir principalmente de todas las opciones de visualización que brindan las técnicas originalmente, como por ejemplo diferentes tipos de diseño (*Layout*), clasificaciones (*Ranking*), modos del ratón (*Mouse Mode*), entre otras, ya que no son necesarias para el análisis que se desea realizar a partir del resultado de estas técnicas y así se evitan dificultades de comprensión y entendimiento del modelo generado. Se deja por defecto el diseño “*CircleLayout*”, la clasificación de acuerdo al “*Degree*” y el modo del ratón “*Picking*”. Se prescinde además de las opciones de mostrar la red social en forma hiperbólica (*Hyperbolic View*) y la de grupo por racimos (*Group clusters*) (ver figura 5).

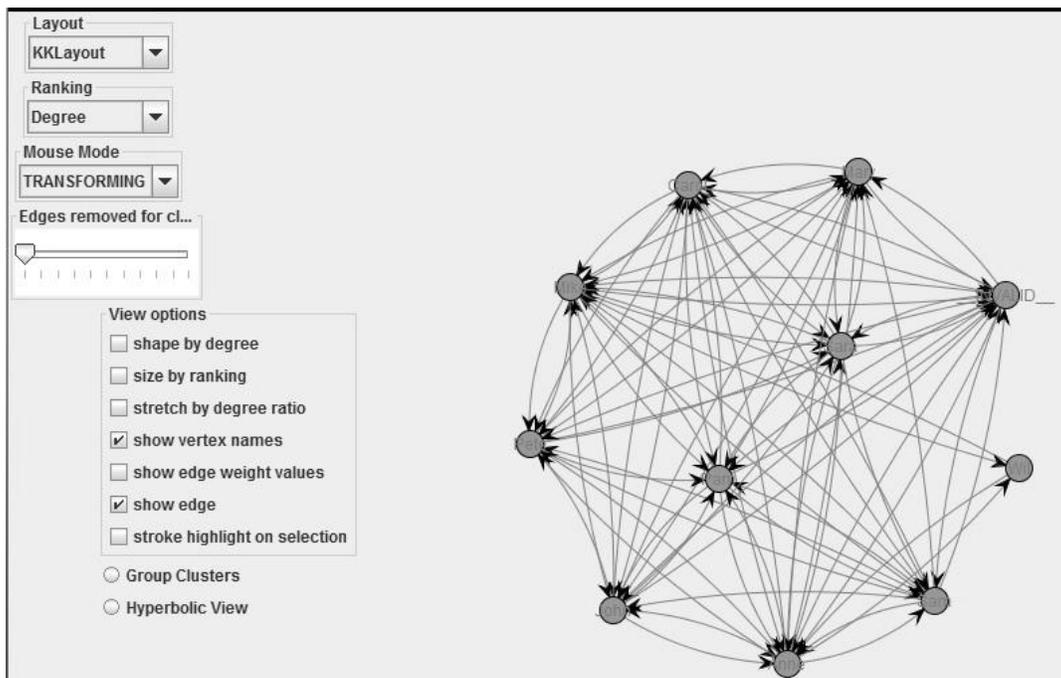


Figura 5: Opciones de visualización. Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

Otros parámetros o elementos configurables son: “considerar múltiples transferencias dentro de una instancia”(CM) o no (IM) y “considerar solo la sucesión directa” o indirecta en el caso de Minería por transferencia de trabajo o “considerar solo subcontratista directo” (CD) o indirecto (ID) en el caso de Minería por subcontratación de tareas (ver figura 6), donde la primera opción permite la posibilidad de múltiples transferencias dentro de una instancia y la segunda, posibilita diferenciar con respecto al grado de causalidad, o sea, definir hasta que profundidad se debe asumir que existe relación entre los recursos. A partir de estas opciones, las técnicas implementan diferentes clases según las posibles combinaciones que se pueden realizar, como `SubcontractICCDCM.java`, `SubcontractICCDIM.java`, `SubcontractICIDCM.java` y `SubcontractICIDIM.java`.

Los parámetros antes mencionados, fueron configurados de tal manera que las técnicas solo tendrán en cuenta múltiples transferencias y sucesiones o subcontratistas de forma directa; para ello se eliminaron las clases que no serán utilizadas de ambas técnicas (ver figura 7), y se modificaron `SNSCMiner.java` y `SNHoWMiner.java`, clases encargadas de brindarle al usuario la oportunidad de elegir (ver figura 8), de tal manera que queda por defecto solo las opciones deseadas (ver figura 9).

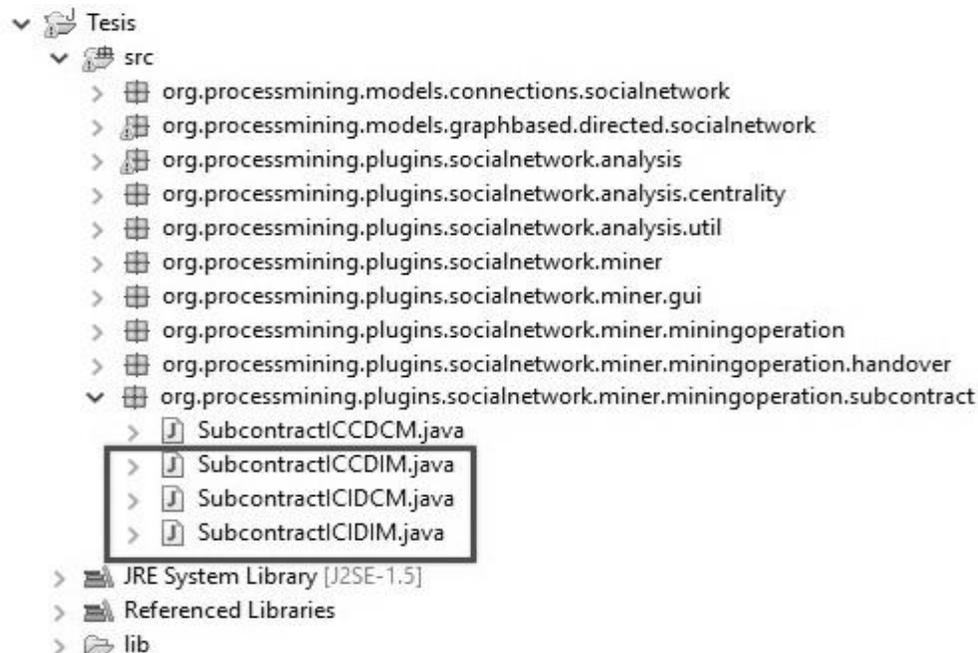


Figura 6: Parámetros iniciales. Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS



Figura 7: Parámetros iniciales. Fuente: Elaboración propia.

```
PanelHandoverOfWork input = new PanelHandoverOfWork();
//
// SNMinerDialog dialog = new SNMinerDialog(context.getMainFrame(), "Settings for SN miner", true);
// dialog.showModal();
InteractionResult result = context.showConfiguration("Settings for SN miner", input);
if (result == InteractionResult.CONTINUE) {
    int indexType = SNMinerOptions.HANDOVER_OF_WORK + ((input.getConsiderDirectSuccession() == true) ? 1 : 0)
        + ((input.getConsiderMultipleTransfers() == true) ? 1 : 0);
    baseOperation = OperationFactory.getOperation(indexType, log);
    double beta = Double.valueOf(input.getBeta());
    int depth = Integer.valueOf(input.getDepth());
    DoubleMatrix2D matrix = baseOperation.calculation(beta, depth);
    return UtilOperation.generateSN(matrix, baseOperation.getOriginatorList());
}
return null;
}
```

Figura 8: Fragmento de clase SNHoWMiner.java. Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

```
public SocialNetwork main(final UIPluginContext context, final XLog log) {  
  
    int indexType = SNMinerOptions.HANDOVER_OF_WORK + 11;  
    baseOprtation = OperationFactory.getOperation(indexType, log);  
    double beta = Double.valueOf(0.5);  
    int depth = Integer.valueOf(5);  
    DoubleMatrix2D matrix = baseOprtation.calculation(beta, depth);  
    return UtilOperation.generateSN(matrix, baseOprtation.getOriginatorList());  
  
}
```

Figura 9: Modificación de la clase SNHoWMiner.java. Fuente: Elaboración propia.

Relacionado con lo anterior, se debe tener en cuenta además dos parámetros que son utilizados por ambas técnicas en el momento de construir la red social: *beta* que representa el "factor de caída de causalidad"; si dentro del contexto de un caso hay *n* eventos entre dos actividades ejecutadas por el mismo intérprete, el factor de caída de causalidad sería  $\beta^n$ ; por defecto se asume  $\beta=0.5$ .

También se debe tener en cuenta *k*, que constituye el "factor de cálculo de profundidad", que especifica la máxima distancia posible entre dos actividades ejecutadas por un recurso. Cuando se realizan los cálculos, un valor adecuado para *k* es muy importante para lograr la eficiencia de la operación. Los registros son típicamente muy grandes, por lo tanto, teniendo en cuenta todas las posibles sucesiones, puede ser ineficiente la técnica si no se define un *k* correcto, en este caso se asume por defecto  $k=5$ .

Se debe resaltar que, al elegir las sucesiones o subcontratistas de forma directa, tanto *beta* como *k* no son utilizados, pero, aun así, para poder mantener el correcto funcionamiento del *plugin* es necesario declarar estos parámetros, aunque siempre teniendo presente que el valor que se les asigne no afectará el resultado del modelo. El principal método de estas técnicas es "calculation ()", el cual, según la técnica aplicada, determinará las relaciones que existen entre los recursos. Para un mayor entendimiento de su funcionamiento, se puede apreciar su pseudocódigo. Realizadas estas configuraciones, ambas técnicas son guardadas en formato ".jar", bajo el nombre de *SocialNetwork* y son incorporadas a la vista de análisis de información.

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

Pseudocódigo del método calculation (), de la técnica Subcontratación de tareas.

**Procedimiento:** cálculo de causalidad

**Entradas:** registro de eventos

**Salidas:** matriz normalizada

**Descripción:** algoritmo encargado de determinar las relaciones entre los distintos recursos, bajo el principio de que dos recursos están relacionados si por cada dos tareas que realiza uno, el otro al menos hace una de ellas. Es por ello que el algoritmo va comprobando cada 3 eventos sus correspondientes recursos en cada traza.

**Inicio**

entero num := tamaño de la lista de recursos

se crea una matriz en (num, num ,0)

entero divisor := 0

para cada traza en log hacer

**Inicio**

entero tamaño\_traza := tamaño de la traza

si tamaño\_traza < 3 entonces continuar

desde k=0 hasta k= tamaño\_traza hacer

**Inicio**

Se crean tres eventos según las posiciones k, k+1 y k +2 de la traza

Si <el recurso del primer evento es nulo o el recurso del segundo

evento es nulo o el recurso del tercer evento es nulo> entonces

continuar

entero recurso1 := valor de la lista de recursos en la posición donde está el primer recurso (k)

entero recurso2 := valor de la lista de recursos en la posición donde está el segundo recurso(k+1)

entero recurso3 := valor de la lista de recursos en la posición donde está el tercer recurso(k+2)

Si <recurso1 distinto de -1 and recurso2 distinto de -1 and recurso1 es igual a recurso3 > entonces

se añade a la matriz (recurso1, recurso2, valor de la matriz en (recurso1, recurso2) + 1)

**Fin**

divisor = divisor + tamaño\_traza - 2;

**Fin**

retornar matriz normalizada, al dividir todos sus valores entre la variable divisor

**Fin**

## **CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS**

---

### **2.3.3 Funcionalidades principales**

La vista de análisis de información cuenta con tres funcionalidades principales, las cuales se enumeran a continuación:

1. Mostrar un modelo que sea entendible por un médico, a partir de un servicio quirúrgico
2. Guardar el modelo obtenido como imagen (formato .png)
3. Analizar el empleo de recursos (Intervenciones quirúrgicas planificadas y realizadas por parte de los especialistas)
4. Analizar los tiempos de intervención quirúrgica

Para la obtención del modelo se implementó el método `generarGrafo ()` el cual, utilizando la información almacenada en un registro de eventos, al aplicarle una de las técnicas personalizadas, es capaz de generar una red social de fácil entendimiento por parte del personal que la utilice (ver anexo 3). Para cada servicio quirúrgico que se quiera analizar, se obtendrá una red social diferente, mostrándose solamente los especialistas involucrados en ese servicio, así como las distintas relaciones que se establecen entre ellos.

Dicha red social, podrá se guardada como una imagen para su posterior análisis en otros entornos, gracias a la implementación del método `savarImagen ()`, el cual se encarga de unificar el modelo obtenido con la leyenda que se muestra y exportar ambos elementos como una misma imagen, lo que posibilita realizar una serie de análisis respecto al empleo de recursos, donde los nodos representan los distintos especialistas del sistema. Estos nodos poseen bordes de diferentes colores, un color de acuerdo al rol que desempeña el especialista (cirujano, anestesiólogo, enfermero), posibilitando así, un mayor entendimiento por parte del Jefe de servicio. Para ello se implementó el método `usuario ()`, el cual a partir del `“id”` de cada especialista, devuelve el rol que este desempeña dentro del sistema.

Otras de las funcionalidades es que, al pasar el cursor por encima de un nodo, se muestra los principales datos de ese especialista, su nombre, su primer apellido, la cantidad de veces que se ha planificado que debería operar, la cantidad de veces que realmente lo hizo, así como el porcentaje que

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

eso representa (ver figura 10). Por otra parte, al pasar el cursor por encima de una relación, se muestra el por ciento que representa la cantidad de veces que dos especialistas debían operar juntos y las que en verdad llegaron a operar. Para estas funcionalidades se implementaron los métodos “buildTooltip ()”, el cual para cada usuario analizado, devuelve su correspondiente información y “porcientoPar ()”, método que utiliza como parámetros el “id” de los especialistas involucrados.

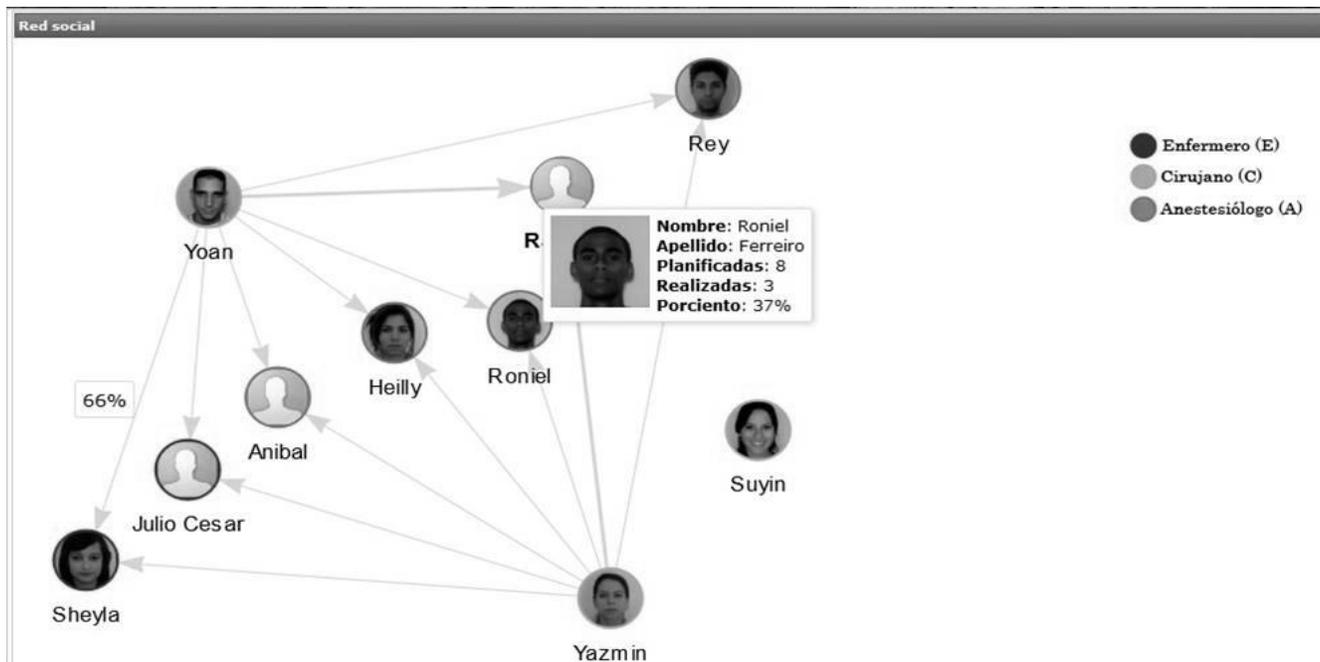


Figura 10: Empleo de recursos. Fuente: Elaboración propia.

Por último, también se puede realizar un análisis de los tiempos de intervención quirúrgica, teniendo en cuenta el rango de fechas y el servicio quirúrgico seleccionados para la construcción del modelo, además de un procedimiento determinado, ya que se muestra el tiempo promedio de duración de las intervenciones quirúrgicas que cumplen con esos requisitos, así como las cinco intervenciones que más se demoraron (Superiores al promedio), las que más cercanas están al promedio y las que tardaron menos tiempo (Inferiores al promedio). Para mostrar dicha información se tiene en cuenta el equipo quirúrgico que la realizó, el tiempo que duró, los detalles de cada una de ellas (ver figura 19) y se implementó el método “promediosIntervencion ()” (ver anexo 4), el cual es el encargado de realizar los cálculos necesarios para dar cumplimiento a esta funcionalidad.

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

### 2.4 Procedimiento de incorporación de la vista de análisis de información al sistema XAVIA HIS

A continuación, se presenta una serie de pasos necesarios para la incorporación de la vista de análisis de información al sistema XAVIA HIS, para así facilitar el análisis de los procesos dentro del propio sistema, sin hacer uso de herramientas externas mucho más complejas y ajenas al mismo.

#### 2.4.1 Fase 1: Obtención de la información

La vista de análisis de información desarrollada tiene como entrada un registro de eventos, el cual es generado por el sistema XAVIA HIS a partir de una fecha de inicio y una fecha de fin, parámetros que mediante una interfaz amigable le son solicitados al usuario para que con solo dar clic en un botón “Generar”, el sistema sea capaz de mostrar el modelo correspondiente al registro de eventos obtenido (ver figura 11).



La imagen muestra una ventana de software con el título "Análisis de las planificaciones". Dentro de esta ventana, hay una sección titulada "Parámetros necesarios". En esta sección, se encuentran tres elementos de entrada: un menú desplegable etiquetado "Servicio quirúrgico:" con el texto "<Seleccione>" y una flecha hacia abajo; un campo de texto etiquetado "Fecha inicial:" con un icono de calendario; y otro campo de texto etiquetado "Fecha final:" también con un icono de calendario. En la parte inferior derecha de esta sección, hay dos botones: "Generar" y "Cancelar".

Figura 11: Parámetros del registro de eventos. Fuente: Elaboración propia.

Es por ello que las fuentes de datos a utilizar son precisamente los registros de eventos, ya que a partir de ellos se puede obtener las relaciones entre los recursos, sus nombres, apellidos y otras informaciones, aunque también se hace necesario realizar varias consultas a la base de datos del sistema XAVIA HIS. De la base de datos se obtienen datos como las fotos de los especialistas y la duración de los tiempos de intervención quirúrgica, la foto se encuentra en la tabla “persona”, mientras que los tiempos de intervención en la tabla “solicitud\_intervencion”. Por su parte el registro de eventos es generado a partir de un componente de extracción y transformación de trazas, a partir de un rango de fechas determinado.

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

---

### 2.4.2 Fase 2: Análisis de las configuraciones necesarias

Para poder incorporar la vista de análisis de información al sistema XAVIA HIS, es necesario tener en cuenta que este está diseñado bajo el patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador (MVC), por lo que se hace necesario crear una serie de clases que permitan seguir esta estructura y se crea una nueva categoría dentro del Bloque Quirúrgico llamada Planificaciones.

Los patrones arquitectónicos, son patrones de diseño de software que ofrecen soluciones a problemas de arquitectura de software. Dan una descripción de los elementos y el tipo de relación que tienen junto con un conjunto de restricciones sobre cómo pueden ser usados. Un patrón arquitectónico expresa un esquema de organización estructural esencial para un sistema de software, que consta de subsistemas, sus responsabilidades e interrelaciones.

El patrón arquitectónico MVC se divide en tres partes como su nombre lo indica, el modelo, las vistas y el controlador (ver figura 12).

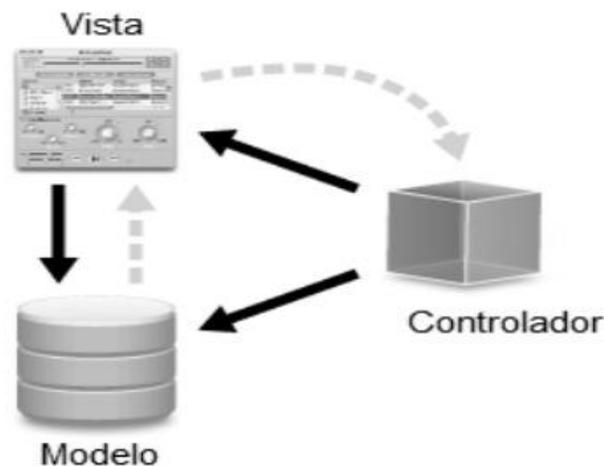


Figura 12: Representación del patrón MVC. Fuente: Elaboración propia.

El modelo es un conjunto de clases que representan la información del mundo real que el sistema debe procesar (Deacon, 2012). En el mismo se encuentran todas las funciones para consultar, insertar y actualizar información de la base de datos.

## **CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS**

---

Las vistas son el conjunto de clases que se encargan de presentar al usuario la información contenida en el modelo. Una vista está asociada a un modelo del que pueden existir varias vistas asociadas al mismo. Estas pueden ser una página web o una parte de una página y obtiene del modelo solamente la información que necesita para desplegar y se actualiza cada vez que el modelo del dominio cambia por medio de notificaciones (Deacon, 2012).

El controlador es un objeto que se encarga de dirigir el flujo del control de la aplicación debido a mensajes externos como datos introducidos por el usuario u opciones del menú seleccionadas por él. A partir de estos mensajes, el controlador se encarga de modificar el modelo o de abrir y cerrar vistas. El controlador tiene acceso al modelo y a las vistas, pero las vistas y el modelo no conocen de la existencia del controlador (Burbeck, 2012).

### **Ventajas del estilo Modelo Vista Controlador:**

Soporte de múltiples vistas: Dado que la vista se encuentra separada del modelo y no hay dependencia directa del modelo con respecto a la vista, la interfaz de usuario puede mostrar múltiples vistas de los mismos datos simultáneamente (Romero, et al., 2012).

Adaptación al cambio: Los requerimientos de interfaz de usuario tienden a cambiar con mayor rapidez que las reglas de negocios. Los usuarios pueden preferir distintas opciones de representación, o requerir soporte para nuevos dispositivos como la telefonía (Romero, et al., 2012).

Por su parte los patrones de diseño son soluciones a problemas comunes en el diseño de aplicaciones. Su implementación en la programación ahorra tiempo y mejora el software haciéndolo más eficiente, dinámico y seguro. En un momento dado estos patrones son una solución efectiva a un problema determinado y puede ser reusable aplicándose a otros problemas de diseño en distintas circunstancias, ya que proporcionan una estructura conocida por todos los programadores, de manera que la forma de trabajar no resulte distinta entre los mismos. Permiten tener una estructura de código común a todos los proyectos que implemente una funcionalidad genérica.

Patrones GRASP (*General Responsibility Assignment Software Patterns*): describen los principios fundamentales de diseño de objetos para la asignación de responsabilidades, son parejas de

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

---

problema – solución que codifican buenos principios y sugerencias relacionados frecuentemente con la asignación de responsabilidades. Para el desarrollo de la solución se utilizan los patrones: Experto, Creador, Alta cohesión, Bajo acoplamiento y Controlador, con el objetivo de describir los principios fundamentales de diseño de objetos para la asignación de responsabilidades (Visconti, et al., 2012).

### Experto:

1. Problema: ¿Cuál es el principio fundamental en virtud del cual se asignan las responsabilidades en el diseño orientado a objetos?
2. Solución: Asignar una responsabilidad al experto en información: la clase que cuenta con la información necesaria para cumplir la responsabilidad (Visconti, et al., 2012).
3. Descripción: Se usa más que cualquier otro al asignar responsabilidades; es un principio básico que suele utilizarse en el diseño orientado a objetos. Da origen a diseños donde el objeto de software realiza las operaciones que normalmente se aplican a lo que realmente representa, por lo que ofrece una analogía con el mundo real.
4. Beneficios: Con la utilización de este patrón se conserva el encapsulamiento, ya que los objetos se valen de su propia información para hacer lo que se les pide. El comportamiento se distribuye entre las clases que cuentan con la información requerida, alentando con ello definiciones de clases sencillas y más cohesivas que son más fáciles de comprender y mantener (Hall, s.f).
5. Se evidencia en la clase Componente.java, la cual contiene la información necesaria para cumplir las responsabilidades asignadas.

### Creador:

1. Problema: ¿Quién debería ser responsable de crear una nueva instancia de alguna clase?
2. Solución: Asignarle a la clase B la responsabilidad de crear una instancia de la clase A en uno de los siguientes casos: B agrega los objetos A, B contiene los objetos A, B registra las instancias de los objetos A, B utiliza específicamente los objetos A, B tiene los datos de inicialización que serán transmitidos a A cuando este objeto sea creado (así que B es un Experto respecto a la creación de A), B es un creador de los objetos A. Si existe más de una opción, se elige la clase B que agregue o contenga la clase A (Visconti, et al., 2012).

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

---

3. Descripción: Guía la asignación de responsabilidades relacionadas con la creación de objetos. El propósito fundamental de este patrón es encontrar un creador que se debe conectar con el objeto producido en cualquier evento.
4. Beneficios: Brinda un soporte a un bajo acoplamiento, lo que supone menos dependencias respecto al mantenimiento y mejores oportunidades de reutilización (Hall, s.f).
5. Se evidencia en la clase Componente.java, la cual es la encargada de crear instancias u objetos de las clases SocialNetwork.java y SNSCMiner.java.

### Controlador:

1. Problema: ¿Quién debería encargarse de atender un evento del sistema? Un evento del sistema es un evento de alto nivel generado por un actor externo; es un evento de entrada externa. Se asocia a operaciones del sistema: las que emite en respuesta a los eventos del sistema. Un Controlador es un objeto de interfaz no destinada al usuario que se encarga de manejar un evento del sistema. Define además el método de su operación.
2. Solución: Asignar la responsabilidad del manejo de un mensaje de los eventos de un sistema a una clase que represente una de las siguientes opciones: el “sistema” global (controlador de fachada), la empresa u organización global (controlador de fachada), algo en el mundo real que es activo (por ejemplo, el papel de una persona) y que pueda participar en la tarea (controlador de tareas) (Visconti, et al., 2012).
3. Descripción: La mayor parte de los sistemas reciben eventos de entrada externa, los cuales generalmente incluyen una interfaz gráfica para el usuario operado por una persona. Otros medios de entrada son los mensajes externos o las señales procedentes de sensores como sucede en los sistemas de control de procesos. En todos los casos, si se recurre a un diseño orientado a objetos, hay que elegir los controladores que manejen esos eventos de entrada. Este patrón ofrece una guía para tomar decisiones apropiadas que generalmente se aceptan.
4. Beneficios: Garantiza que la empresa o los procesos de dominio sean manejados por la capa de los objetos del dominio y no por la de la interfaz. Al delegar a un controlador la responsabilidad de la operación de un sistema entre las clases del dominio favorece la reutilización de la lógica para manejar los procesos afines del negocio en aplicaciones futuras (Hall, s.f).
5. Se evidencia en la clase controlodara Componente.java.

## CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

---

### Alta Cohesión:

1. Problema: ¿Cómo mantener la complejidad dentro de límites manejables? En la perspectiva del diseño orientado a objetos, la cohesión es una medida de cuan relacionadas y enfocadas están las responsabilidades de una clase. Una alta cohesión caracteriza a las clases con responsabilidades estrechamente relacionadas que no realicen un trabajo enorme. Una clase con baja cohesión hace muchas responsabilidades no afines o un trabajo excesivo. No conviene este tipo de clases pues presentan los siguientes problemas: son difíciles de comprender, son difíciles de reutilizar, son difíciles de conservar, son delicadas: las afectan constantemente los cambios.
2. Solución: Asignar una responsabilidad de modo que la cohesión siga siendo alta (Visconti et al., 2012).
3. Descripción: Es la meta principal que ha de tenerse en cuenta en cada momento en todas las decisiones de diseño. Es un patrón evaluativo que el desarrollador aplica al valorar sus decisiones de diseño. Una clase de alta cohesión posee un número relativamente pequeño, con una importante funcionalidad relacionada y poco trabajo que hacer. Colabora con otros objetos para compartir el esfuerzo si la tarea es grande.
4. Beneficios: Con el uso de este patrón mejoran la claridad y la facilidad con que se entiende el diseño. Se simplifican el mantenimiento y las mejoras en funcionalidad. A menudo se genera un bajo acoplamiento. La ventaja de una gran funcionalidad soporta una mayor capacidad de reutilización, porque una clase muy cohesiva puede destinarse a un propósito muy específico (Hall, s.f).
5. Se evidencia en todas las clases implementadas: Componente.java, PromedioWrapper.java, PromedioRow.java y GuardarImagen.java.

### Bajo Acoplamiento

1. Problema: ¿Cómo dar soporte a una dependencia escasa y a un aumento de la reutilización? El acoplamiento es una medida de la fuerza con que una clase está conectada a otras clases, con que las conoce y con que recurre a ellas. Una clase con bajo (o débil) acoplamiento no depende de muchas otras clases. Una clase con alto (o fuerte) acoplamiento recurre a muchas otras.

## **CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución de la Vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS**

---

2. Solución: Asignar una responsabilidad para mantener bajo acoplamiento (Visconti et al., 2012).
3. Explicación: El bajo acoplamiento es un principio que se debe tener siempre en cuenta durante las decisiones de diseño. Es un patrón evaluativo que el diseñador aplica al juzgar sus decisiones de diseño. Este patrón estimula asignar una responsabilidad de modo que su colocación no incremente el acoplamiento tanto que produzca los resultados negativos propios de un alto acoplamiento. Soporta el diseño de clases más independientes, que reducen el impacto de los cambios, y también más reutilizables.
4. Beneficios: Con el uso de este patrón los componentes no se afectan por cambios de otros componentes, son fáciles de entender por separado y fáciles de reutilizar (Hall, s.f).
5. Se evidencia en las clases PromedioWrapper.java, PromedioRow.java y GuardarImagen.java.

### **2.4.3 Fase 3: Visualización**

Para lograr la visualización de los modelos de procesos, se desarrolló una interfaz que se divide en dos áreas: el área donde se definen los datos para el modelado y el área donde se muestra el modelo de proceso como tal. El modelado desde el sistema es fácil de obtener, solo es necesario seleccionar el servicio quirúrgico deseado y definir una fecha de inicio y una de fin; una vez elegidos estos parámetros el modelo será generado al dar clic sobre el botón “Generar”. El proceso puede ser cancelado presionando la opción “Cancelar” (ver anexo 1)

En la parte central del área de modelado se mostrará la red social, posibilitando así que el usuario pueda realizar los análisis pertinentes. En la parte derecha se muestra una leyenda que provee una explicación de los elementos que intervienen en el modelo (cirujanos, anestesiólogos, enfermeros) y permiten una mejor comprensión del mismo. Se cuenta además con la opción de exportar el modelo a formato \*.png, a través del botón Exportar, para su posible análisis en otros entornos.

### CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información

En este capítulo se realiza la validación de la vista de análisis de información desarrollada para el sistema XAVIA HIS. Para ello, se describen pruebas de caja blanca y caja negra y se hace una comparación entre los modelos generados por la herramienta ProM y por el sistema XAVIA HIS. Además, se realiza un análisis de los resultados obtenidos.

#### 3.1 Estrategia de validación

Las pruebas de software forman parte de lo que se puede denominar verificación y validación del software. La verificación se refiere al hecho de comprobar si estamos desarrollando el software correctamente. La validación se encarga de comprobar si estamos construyendo el producto correcto. Son un elemento crítico para la garantía de la calidad del software y representa una revisión final de las especificaciones, del diseño y de la codificación. Interesa señalar que en cada fase del ciclo de vida de desarrollo de software se plantea un conjunto de pruebas que permiten constatar que el software desarrollado satisface las especificaciones de esa fase (Amo et al., 2005).

En el flujo de trabajo de la prueba se verifica el resultado de la implementación, al probar la calidad y el resultado obtenido en cada construcción, incluyendo tanto las internas, las intermediarias y las versiones finales, que se destinan para ser entregados a terceras personas. Se realizan con dichos objetivos (Jacobson et al., 2000):

- Planificar las pruebas o los casos de pruebas necesarias para cada iteración, incluyendo las pruebas de integración y las pruebas de sistemas.
- Diseñar e implementar las pruebas creando los casos de pruebas para especificar lo que se va a probar, a partir de los procedimientos que describe la forma a realizar y creando si es posible componentes de pruebas ejecutable para automatizar dicho proceso.
- Realizar dichos procedimientos antes mencionados y manejar los resultados que traiga como consecuencia dichas acciones. Realizando reparaciones y otros casos de pruebas a las construcciones que se le detecten errores o fallos.

## CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información

Para el proceso de validación se decide emplear las técnicas de Caja blanca o estructurales, que se basan en un minucioso examen de los detalles procedimentales del código, haciéndose necesario conocer la lógica de la vista de análisis de información, así como las técnicas de Caja negra o funcionales, que realizan pruebas sobre la interfaz del sistema, entendiendo por interfaz las entradas y salidas de dicho programa. No es necesario conocer la lógica del programa, únicamente la funcionalidad que debe realizar. La figura 13 representa gráficamente la filosofía de las pruebas de caja blanca y caja negra.

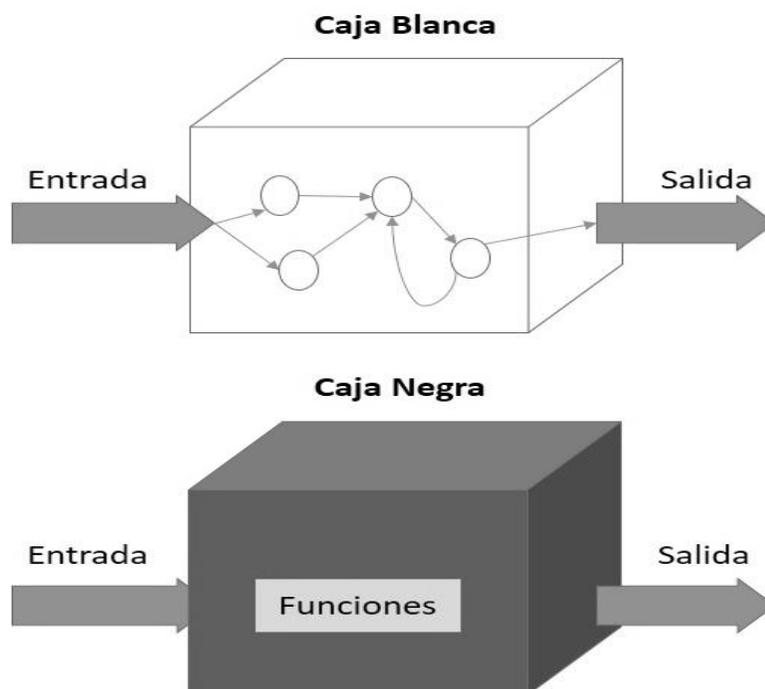


Figura 13: Representación de pruebas de Caja blanca y Caja negra. Fuente: Elaboración propia.

También se tiene presente para la validación, una comparación entre los modelos generados por la herramienta ProM y la vista de análisis de información incorporada al sistema XAVIA HIS, verificándose que ambos modelos muestren un resultado similar a pesar de las personalizaciones realizadas, ya que ProM es una herramienta validada por la comunidad internacional de la minería de procesos y por tanto muestra un modelo confiable.

### 3.2 Pruebas de Caja blanca

La prueba de caja blanca, también conocida como prueba de caja de cristal, se basa en el diseño de casos de prueba que usa la estructura de control del diseño procedimental para derivarlos. Para la solución desarrollada, la prueba de Caja Blanca aplicada fue la del camino básico. Esta técnica permite obtener una medida de la complejidad lógica de un diseño y usar esta medida como guía para la definición de un conjunto básico de caminos de ejecución (Tello, 2012).

Para realizar la prueba del camino básico es necesario dibujar a partir del diseño o del código fuente en grafo de flujo asociado y calcular su complejidad ciclomática. Para esto se tomó el código del método `generarGrafo()` encargado de generar la red social para posteriormente pintarla y mostrarla en la interfaz (ver anexo 2). Para el cálculo de la complejidad ciclomática es necesario representar el grafo de flujo asociado al código antes mencionado a través de nodos, aristas y regiones (ver figura 14).

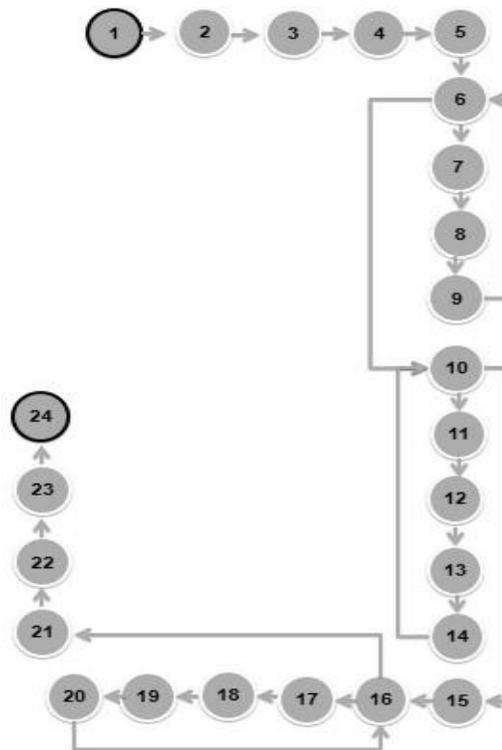


Figura 14: Grafo de flujo del código `generarGrafo()`. Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información

La complejidad ciclomática es una métrica de software extremadamente útil pues proporciona una medición cuantitativa de la complejidad lógica de un programa. El valor calculado como complejidad ciclomática define el número de caminos independientes. La complejidad ciclomática de un código se puede calcular de tres maneras diferentes.

$$V(G) = \text{Número de regiones} = 4$$

$$V(G) = \text{Aristas} - \text{Nodos} + 2 = 26 - 24 + 2 = 4$$

$$V(G) = \text{Nodos Predicado} + 1 = 3 + 1 = 4$$

En cada una de las fórmulas  $V(G)$  representa el valor del cálculo. Según los resultados obtenidos en cada uno de estos cálculos se puede concluir que la complejidad ciclomática del código analizado es cuatro, determinándose a su vez que existen cuatro caminos posibles por donde puede circular el flujo.

A continuación, se muestran los caminos básicos por donde puede circular el flujo:

Camino básico # 1: 1-2-3-4-5-6-7-8-9-6-10-11-12-13-14-10-15-16-17-18-19-20-16-21-22-23-24

Camino básico # 2: 1-2-3-4-5-6-10-11-12-13-14-10-15-16-17-18-19-20-16-21-22-23-24

Camino básico # 3: 1-2-3-4-5-6-7-8-9-6-10-15-16-17-18-19-20-16-21-22-23-24

Camino básico # 4: 1-2-3-4-5-6-7-8-9-6-10-11-12-13-14-10-15-16-21-22-23-24

**Caso de Prueba:** Generar grafo

**Descripción:** Método para convertir en JSON (*Java Script Object Notation*) todos los nodos y las relaciones que se establecen entre ellos, a partir de lo que devuelve la técnica de causalidad en forma de arreglo, con el fin de generar una red social donde se muestre la relación entre diferentes recursos.

Tabla 2: Caso de prueba para el método generarGrafo (). Fuente: Elaboración propia.

Camino	Valores de entrada	Resultado esperado
Camino básico # 1	Registro de eventos, arreglo de nodos y	Se muestra una red social

## CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información

---

	arreglo de relaciones.	
<b>Camino básico # 2</b>	Registro de eventos, arreglo de nodos	Se muestran nodos aislados sin relaciones entre ellos
<b>Camino básico # 3</b>	Registro de eventos, arreglo de nodos	Se muestran nodos aislados sin relaciones entre ellos
<b>Camino básico # 4</b>	Registro de eventos	No se muestra nada

### 3.3 Pruebas de Caja negra

La prueba de caja negra se refiere a las pruebas que se llevan a cabo sobre la interfaz del software. O sea, los casos de prueba pretenden demostrar que las funciones del software son operativas, que la entrada se acepta de forma adecuada y que se produce un resultado correcto, así como que la integridad de la información externa se mantiene.

Específicamente dentro de este método se utilizará la técnica de Partición Equivalente, la cual divide el dominio de entrada de un programa en clases de datos, a los que se le pueden aplicar los diversos casos de pruebas y se basa en una evaluación de las clases de equivalencia para una determinada condición de entrada. En esta técnica se plantea que una clase de equivalencia representa un conjunto de estados válidos o inválidos para condiciones de entrada, los estados representan los parámetros de entrada que representan las informaciones necesarias para el cumplimiento de los métodos que se refiere al cumplimiento de los requisitos funcionales, a los cuales se les aplican distintas directrices basado en los casos de pruebas definidos para cada elemento de datos del campo de entrada a desarrollar. Los casos se seleccionan de forma que ejerciten el mayor número de atributos de cada clase de equivalencia a la vez ([Tello, 2012](#)).

**Caso de prueba:** generar red social.

**Descripción general:** inicia cuando el jefe de servicio decide hacer un análisis de tendencias en cuanto a tiempo y empleo de recursos de las intervenciones quirúrgicas guardadas en el sistema XAVIA HIS.

## CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información

Tabla 3: Caso de prueba "Generar red social". Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Descripción	Servicio quirúrgico	Fecha inicio	Fecha fin	Respuesta del sistema	Flujo central
EP 1.1 Mostrar red social correctamente	Se elige un servicio quirúrgico de la lista desplegable y el rango de fecha de inicio y fin.	V  Cirugía general	V  1/1/2015	V  1/1/2016	Muestra una red social con todo el personal que intervino en las operaciones según ese servicio y en ese rango de fechas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El jefe de servicio accede al Bloque Quirúrgico.</li> <li>2. Selecciona la opción Planificaciones.</li> <li>3. Elige el servicio y el rango de fecha.</li> <li>4. Presiona el botón Generar</li> </ol>
EP 1.2 No se elige un servicio quirúrgico	El sistema debe mostrar un error diciendo que no se eligió ningún servicio	I	V  1/1/2015	V  1/1/2016	Muestra un mensaje de error "No se seleccionó ningún Servicio Quirúrgico"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El jefe de servicio accede al Bloque Quirúrgico.</li> <li>2. Selecciona la opción Planificaciones.</li> <li>3. Elige el rango de fecha.</li> </ol>

## CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información

	quirúrgico.					4. Presiona el botón Generar
EP 1.3 No se elige un rango de fechas.	El sistema debe mostrar un error diciendo que el rango de fechas no es correcto.	V	V	I	Muestra un mensaje de error "El rango de Fechas seleccionado no es el correcto"	1. El jefe de servicio accede al Bloque Quirúrgico. 2. Selecciona la opción Planificaciones. 3. Elige el servicio. 4. Presiona el botón Generar
		Cirugía general	1/1/2015			
		V	I	V		
		Cirugía general		1/1/2016		
		V	I	I		
		Cirugía general				
EP 1.4 No se elige un servicio quirúrgico ni un rango de fechas	El sistema debe mostrar un error diciendo que no se llegaron los datos necesarios.	I	I	I	Muestra un mensaje de error "No se seleccionaron los datos necesarios para crear la red social"	1. El jefe de servicio accede al Bloque Quirúrgico. 2. Selecciona la opción Planificaciones. 3. Presiona el botón Generar

**Descripción de las variables:**

## CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información

Tabla 4: Descripción de las variables. Fuente: Elaboración propia.

No	Nombre del campo	Clasificación	Valor nulo	Descripción
1	Servicio quirúrgico	Campo de selección	No	Se elige el servicio quirúrgico de una lista desplegable de todos los registrados en el sistema con los que se trabajan.
2	Fecha inicio	Campo de selección	No	Se selecciona un rango de fecha de un calendario desplegable
3	Fecha fin	Campo de selección	No	Se selecciona un rango de fecha de un calendario desplegable

### Análisis de las no conformidades por iteración

## CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información

Tabla 5: Descripción de las no conformidades. Fuente: Elaboración propia.

Iteración	Cantidad de no conformidades	No conformidad
1ra	3	Error de campos nulos
2da	0	

### 3.4 Comparación entre sistemas

Para la comparación de los modelos que son generados por la herramienta ProM y en la vista de análisis de información incorporada al sistema XAVIA HIS, se selecciona un registro de eventos y en un principio se selecciona la técnica Minería por subcontratación de tareas en la pantalla inicial de la herramienta ProM (ver figura 15). De esta manera se obtiene un modelo donde se puede apreciar la relación que existe entre los diferentes recursos (ver figura 16).

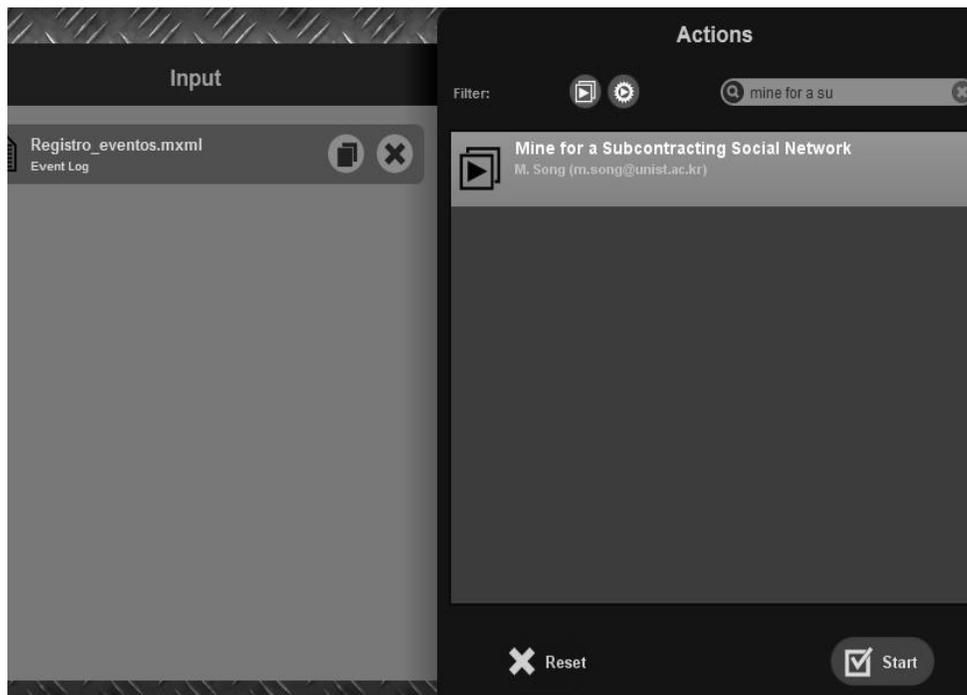


Figura 15: Técnica Minería por subcontratación de tareas de ProM. Fuente: Elaboración propia.

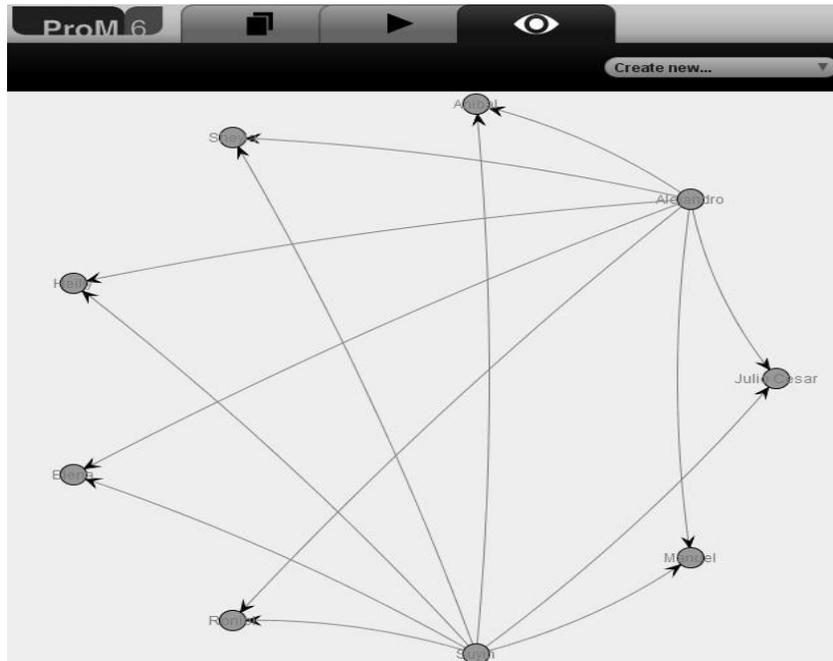


Figura 16: Modelo obtenido a través de ProM. Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido este modelo se pretende obtener uno similar a partir de la vista de análisis de información incorporada al sistema XAVIA HIS, para ello se selecciona la técnica a utilizar (ver figura 17) y el mismo registro de eventos empleado anteriormente.

```
ionQxServicios.xhtml | analisis.xhtml | analisis.xhtml | Componente.java
```

```
SocialNetwork subcontracting;  
SNSCMiner tecnicaSC=new SNSCMiner();  
  
XesXmlParser xParser = new XesXmlParser();  
  
//contexto y registro de evento.  
XLog xLog;  
try  
{  
    xLog = xParser.parse(new File(xesPath)).get(0);  
  
    GlobalContext globalcontext = new CLIContext();  
    CLIPluginContext context = new CLIPluginContext(globalcontext, null);  
    subcontracting=tecnicaSC.socialnetwork(context,xLog);  
}
```

Figura 17: Técnica Minería por subcontratación de tareas desde el sistema XAVIA HIS. Fuente: Elaboración propia.

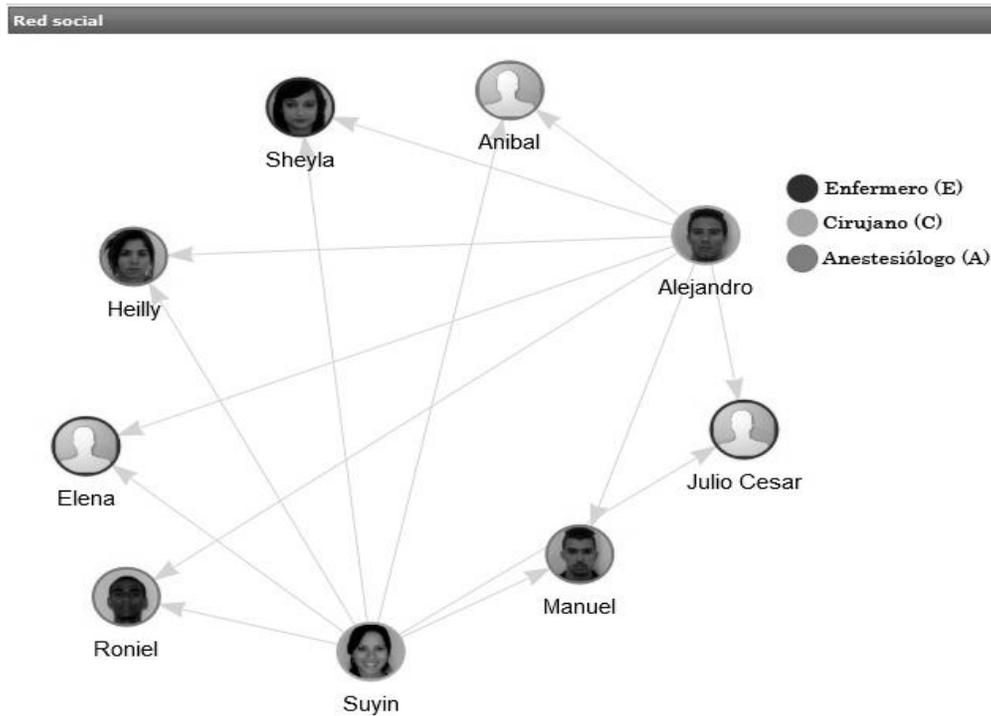


Figura 18: Modelo obtenido a través del HIS. Fuente: Elaboración propia.

La figura 18 evidencia como el modelo que se obtiene coincide con el de ProM, a partir de las comparaciones realizadas en cuanto a recursos involucrados, sus nombres y las relaciones entre ellos, demostrándose así la veracidad de la prueba realizada.

### 3.5 Análisis de resultados

La vista de análisis de información permite identificar el comportamiento de los equipos de trabajo quirúrgicos, respecto a la planificación inicial y final de personal a operar dado un servicio quirúrgico determinado y un rango de fechas. Por cada especialista muestra la cantidad de veces que se planificó que debía operar, las que realmente realizó y el porcentaje que ello representa. En la figura 19 se puede apreciar como uno de los especialistas seleccionados, de veintisiete intervenciones que debía llevar a cabo, realizó veinticuatro, lo que representa un ochenta y ocho por ciento, mientras que el otro especialista, de seis intervenciones planificadas solo realizó una, representando un dieciséis por ciento; evidenciando de esta manera la carga de trabajo de algunos especialistas que comparten el mismo rol en el sistema.

## CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información

---

Al colocar el cursor encima de una relación entre dos especialistas, se puede apreciar un porcentaje que indica el desempeño que tienen trabajando juntos, evidenciándose en este caso como la enfermera Elena, de las intervenciones planificadas a realizar con la cirujana Suyin, efectuaron un sesenta y seis por ciento (ver figura 19). A partir de este valor, se puede concluir que más de la mitad de las intervenciones planificadas para ambos especialistas, fueron realizadas, indicando así una buena planificación.

Se comprobó que la vista de análisis de información, también posibilita llevar a cabo un correcto análisis de los tiempos de intervención quirúrgica, según su tiempo de duración en minutos. Tomando como ejemplo el procedimiento quirúrgico “Incisión de seno o quiste pilonidal”, dentro del servicio quirúrgico “Cirugía general”, se muestra el promedio del tiempo de duración de todas las intervenciones quirúrgicas que se han realizado con esos parámetros, siendo para este caso de setenta minutos como se muestra en la figura 20.

De la información anterior, se pueden evidenciar las cuatro intervenciones que estuvieron inferiores a al valor del promedio, comprobando que todas fueron llevadas a cabo por el mismo anestesiólogo y el mismo enfermero, variando indistintamente el cirujano y se puede apreciar como en la primera intervención no hubo ningún hallazgo. También se pueden observar las 3 intervenciones que más se demoraron con respecto al valor del promedio, analizando una posible causa de esto que todas presentaron los mismos hallazgos, siendo la primera intervención la de mayor duración con ciento veinte minutos. Otro de los análisis a los que se puede arribar es detallar cuales fueron las 5 intervenciones que mejor se comportaron con respecto al promedio de duración, donde se puede apreciar que la primera intervención tuvo la misma duración del promedio. (ver figura 20)

# CAPÍTULO 3: Validación de la vista de análisis de información

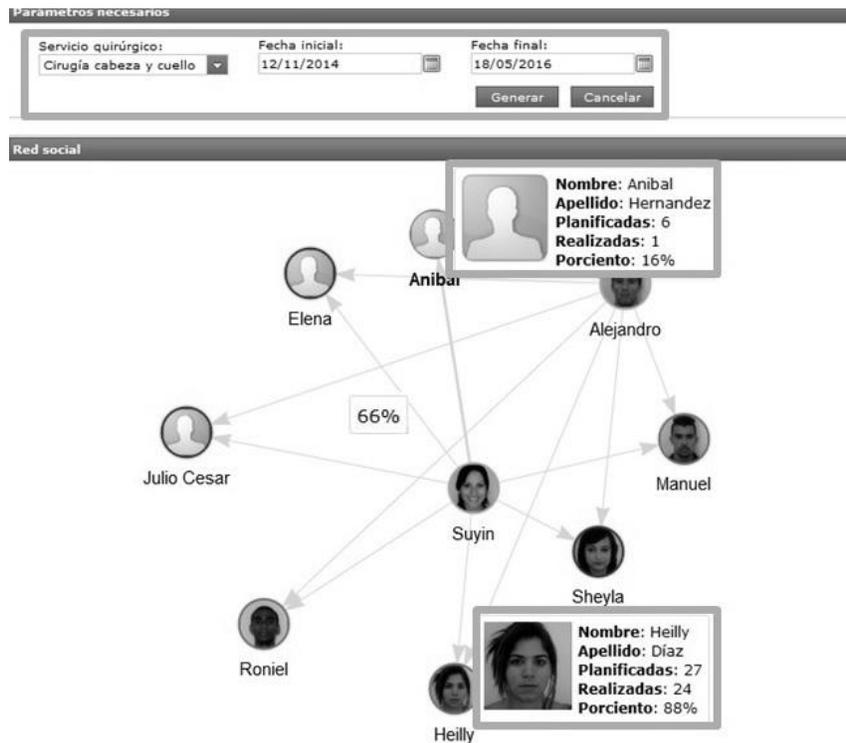


Figura 19: Comportamiento de los especialistas. Fuente: Elaboración propia.

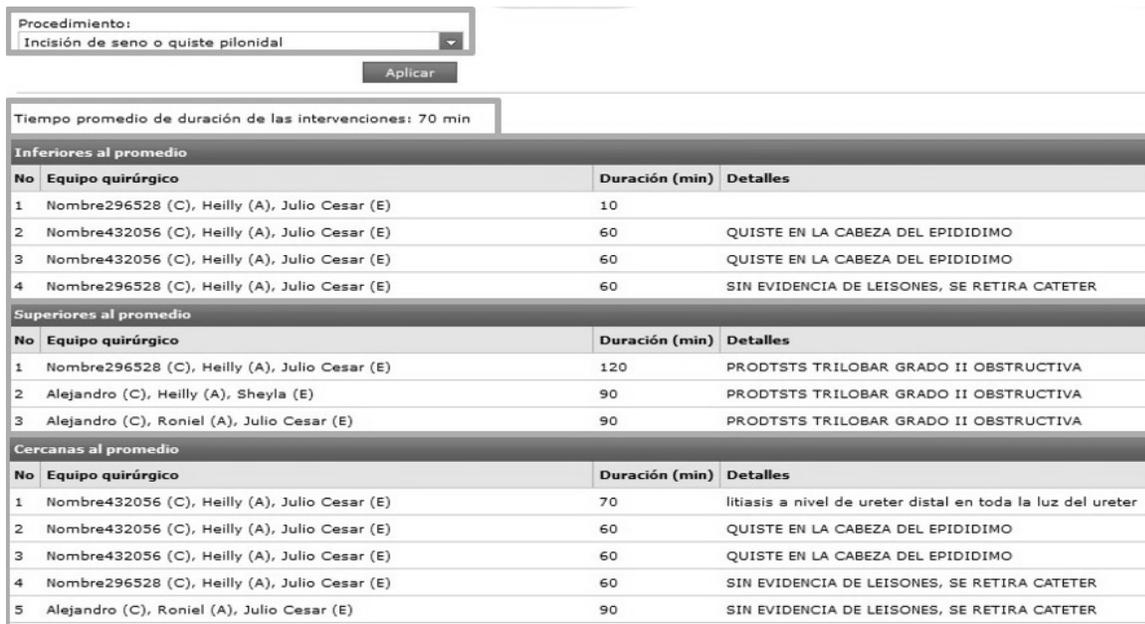


Figura 20: Análisis de los tiempos de intervención. Fuente: Elaboración propia.

### Conclusiones

Luego de realizada la investigación se arribó a las siguientes conclusiones:

- El análisis de los sistemas informáticos existentes, que utilizan análisis de redes sociales y minería de procesos para la identificación de relaciones de causalidad, permitió establecer similitudes con la investigación actual y arrojó que no existen soluciones informáticas que se ajusten a las necesidades identificadas.
- El análisis del proceso de negocio Atención al paciente quirúrgico en instituciones hospitalarias, constituyó la base teórica para el correcto desarrollo de la vista de análisis de información.
- El análisis del funcionamiento de la métrica basada en causalidad, permitió identificar los cambios necesarios para proveer un mejor análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos, para realizar una correcta personalización ajustada al negocio en cuestión.
- La asimilación de las herramientas y tecnologías propuestas, posibilitó el correcto desarrollo, desde su concepción técnica, de la vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos.
- El desarrollo de la vista de análisis de información, incorporada al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS, para la identificación de relaciones basadas en causalidad, permite mejorar el análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos, para el apoyo a la toma de decisiones clínico-administrativas.
- Las pruebas de software desarrolladas permitieron validar el correcto funcionamiento de la vista de análisis de información en cuanto a tiempo y empleo de recursos en el módulo Bloque Quirúrgico del Sistema XAVIA HIS.

### Recomendaciones

Con el fin de contribuir a un mayor desarrollo de la presente investigación se realiza la siguiente recomendación:

- Integrar la vista de análisis de información desarrollada al componente de análisis de procesos hospitalarios, para proveer una mejor e integral toma de decisiones clínico-administrativas.

### Referencias bibliográficas

- (Amo et al., 2005) Amo, Fernando Alonso; Normand, Loïc A. Martínez; Pérez, Francisco Javier Segovia. Introducción a la ingeniería de software. Delta Publicaciones. 2005
- (API, 2016) API, JAVA J2EE. JPA - Java Persistence. s.f. *JAVA J2EE*. [En línea] s.f. [Citado el: 13 de enero de 2016.] Disponible en: <http://luchorondon.blogspot.com/2009/04/jpa-java-persistence-api.html>.
- (Basnuevo, 2009) Basnuevo, Anays Más y Pérez, Yeter Caraballo. El análisis de las redes sociales en la identificación de las relaciones de colaboración. 2009. La Habana : Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2009.
- (Biblioteca Nacional de Medicina, 2016) Biblioteca Nacional de Medicina, EEUU. MedlinePlus Información de la salud para usted. *MedlinePlus Información de la salud para usted*. [En línea] 13 de enero de 2016. [Citado el: 17 de marzo de 2016.] Disponible en: <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/surgery.html>.
- (Bratosin et al., 2011) Bratosin, C., Sidorova, N. y Van Der Aalst, W. *Distributed genetic process mining using sampling*. 2011.
- (OMS, 2016) Bulletin of the World Health Organization. 29 de febrero del 2016. 2, Ginebra, Suiza : s.n., 29 de febrero del 2016, Vol. 94. 77-156.
- (Burbeck, 2012) Burbeck, Steve. *Applications Programming in Smalltalk-80(TM), How to use Model-View-Controller (MVC)*. 2012.
- (CDAC, 2016) CDAC. 2016. CDAC. CDAC. [Online] 2016. [Cited: marzo 19, 2016.] Disponible en: [http://cdac.in/index.aspx?id=hi\\_his\\_sushrut](http://cdac.in/index.aspx?id=hi_his_sushrut).
- (Chambers et al., 2012) Chambers, Duncan, et al. Social network analysis in healthcare settings: a systematic scoping review. *PloS one*, 2012
- (Chamorro, 2013) Chamorro, M.C.; Maturana, S. *Método para Aplicar Minería de Procesos a la Distribución de Bebestibles No Alcohólicos*. 2013.
- (Deacon, 2012) Deacon, J. *Model-View-Controller (MVC) Architecture*. 2012.

- (Desikan, 2013) Desikan, P.; et al. 2013. *Using social network analysis to identify key players within clinical teams for improving pain management. En Healthcare Informatics (ICHI). IEEE International Conference on. IEEE. 2013.*
- (FlashTicSalut, 2011) FlashTicSalut. [En línea] 2011. [Citado el: 21 de Marzo de 2016.] Disponible en: <http://www.ticsalut.cat/flashticsalut/html/es/articulos/doc34875.html>.
- (Franky, 2010) Franky, C. Researchgate. [En línea] 2010. [Citado el: 12 de enero de 2016.] Disponible en: [http://www.researchgate.net/profile/Consuelo\\_Franky/publication/228753991\\_Java\\_EE\\_5\\_%28sucesor\\_de\\_J2EE%29\\_el\\_reto\\_de\\_volver\\_a\\_empezar/links/0fcfd50916764d54ee000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Consuelo_Franky/publication/228753991_Java_EE_5_%28sucesor_de_J2EE%29_el_reto_de_volver_a_empezar/links/0fcfd50916764d54ee000000.pdf).
- (Futurism, 2008) Futurism. 2008. Futurism. Futurism. [En línea] 2008. [Citado el: 19 de marzo de 2016.] Disponible en: <http://www.futurismtechnologies.com/Hospital-Information-Management-System-HMIS.html>.
- (Gasendy, 2012) Gasendy, Víctor St. 2016. Sistema de Gestión Hospitalaria. Sistema de Gestión Hospitalaria. [En línea] 19 de enero de 2012. [Citado el: 17 de marzo de 2016.] Disponible en: <http://docteurgasendy.blogspot.com/2012/01/gasendy-st-victor-11-3032.html>. 11-3032.
- (Günther et al., 2007) Günther, C. W. y Van der Aalst, W. M. P. *Fuzzy Mining: Adaptive Process Simplification Based on Multi-Perspective Metrics*. 2007.
- (Hall, s.f) Hall, Larman - Prentice. s.f. *UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos*. s.f. págs. 38- 50.
- (Hibernate, 2016) Hibernate. s.f. Hibernate. [En línea] s.f. [Citado el: 12 de enero de 2016.] <http://hibernate.org/>.
- (ISO 9001, 2008) ISO 9001, 2008. NORMA INTERNACIONAL ISO 9001 [en línea]. 2008. S.I. s.n. Disponible en <httpfarmacia.unmsm.edu.penoticias2012documentosISO-9001.pdf>.
- (Jacobson et al., 2000) Jacobson, Ivar; Boochy, Grady; Rumbaugh, James. *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. Editorial Pearson Educación. Madrid, 2000.
- (Jboss, 2016) Jboss. s.f. Jboss. [En línea] s.f. [Citado el: 14 de enero de 2016.] <http://www.jboss.org/technology/>.

- (JSF, 2016) JSF. s.f. <http://www.desarrolloweb.com>. *Java Server Faces, Primer artículo de un pequeño manual sobre esta tecnología*. [En línea] s.f. [Citado el: 12 de enero de 2016.] <http://www.desarrolloweb.com/articulos/2380.php>.
- (Liu, 2011) Liu, X. 2011. *Java.net. Developing applications with Facelets, JSF and JS*. [En línea] 2011. [Citado el: 13 de enero de 2016.] <http://today.java.net/pub/a/today/2006/08/29/developing-with-facelets-jsf-jsp.html>.
- (Leyva-Vázquez et al., 2014) Leyva-Vázquez, Maikel Y. y Rafael Bello-Lara, Rafael Alejandro Espín-Andrade. *Lógica difusa compensatoria para el análisis inteligente de redes sociales*. 2014. 4, La Habana : Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 2014, Vol. 8. ISSN: 2227-1899.
- (Lucifer, 2016) Lucifer, P. s.f. Searchsoa. *Java Runtime Environment - JRE*. [En línea] s.f. [Citado el: 13 de enero de 2016.] <http://searchsoa.techtarget.com/definition/Java-Runtime-Environment>.
- (OMS, 2011) OMS. 2011. Organización Mundial de la Salud. *OMS*. [En línea] OMS, 2011. [Citado el: 17 de marzo de 2016.] [http://www.who.int/features/factfiles/safe\\_surgery/es/](http://www.who.int/features/factfiles/safe_surgery/es/).
- (Operarme.es, 2016) Operarme.es. 2016. Operarme.es Especialistas en cirugía. *Operarme.es Especialistas en cirugía*. [En línea] 2016. [Citado el: 21 de Marzo de 2016.] <https://www.operarme.es/noticia/391/que-tipo-de-intervenciones-quirurgicas-existen/>.
- (Pérez, et al., 2009) Pérez Andrade, Giselle, Prieto Hernández, Michael y González Martínez, Yoandy. 2009. *Módulo Bloque Quirúrgico del Sistema Xavia HIS*. Ciudad de la Habana, Cuba : s.n., 2009.
- (ProM, 2010) ProM Tools. ProM Tools. [En línea] 2010. [Citado el: 7 de enero de 2016.] Disponible en: <http://www.promtools.org/doku.php>.
- (Romero, et al., 2012) Romero, Yenisleidy Fernández y González, Yanette Díaz. 2012. *Patrón Modelo-Vista-Controlador*. 1, La Habana : Revista Telem@tica, 2012, Vol. 11. ISSN 1729-3804.
- (RPP Noticias, 2016) RPP Noticias. 2012. RPP Noticias. *RPP Noticias*. [En línea] 14 de Junio de 2012. [Citado el: 22 de Marzo de 2016.] <http://rpp.pe/vida-y-estilo/salud/como-podemos-aprovechar-las-ventajas-de-las-tic-en-salud-noticia-492331>.

- (Ruiz et al., 2013) Ruiz, Alejandro A. and Ines, Nina. 2013. Visualización con Pajek. Mexico : s.n., 2013.
- (Rumbaugh, et al., 2007) Rumbaugh, J., y Jacobson, I., Booch. G. 2007. El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia. Pearson Education. 2007.
- (Sampieri et al., 2013) Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, P. Metodología de la Investigación. 5ta. Ed. México D. F: 2013. Mc Graw-Hill.
- (Sivsa, 2009) Sivsa. 2009. Sivsa. Sivsa. [En línea] 2009. [Citado el: 17 de marzo de 2016.] <http://www.sivsa.com/>.
- (Tello, 2012) Tello, Eduardo A. Rodríguez. 2012. Estrategias y técnicas de prueba del software. Tamaulipas, Mexico : CINVESTAV, 2012.
- (van der Aalst, et al., 2009) Van der Aalst, W.M.P. and Van der Alst, W.M.P. 2009. "ProM: The Process Mining Toolkit," in *Proceedings of BPM*. Germany : s.n., 2009. Vol. 489.
- (van der Aalst, 2011) van der Aalst, Wil. 2011. *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Heidelberg : Springer, 2011. ISBN-10: 3642193447.
- (van der Aalst et al., 2012) van der Aalst, Wil, y otros. 2012. *Manifiesto sobre Minería de Procesos. IEEE Task Force on Process Mining*. Berlin Heidelberg : Springer, 2012.
- (Visconti, et al., 2012) Visconti, Marcello y Astudillo, Hernán. 2012. Fundamentos de la Ingeniería de Software. Valparaíso, Chile : s.n., 2012.
- (Wang, 2014) WANG, Fei, et al. 2014. *Application of network analysis on healthcare. En Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), IEEE/ACM International Conference on* . . 2014.
- (Weijters et al., 2011) Weijters, A.J.M.M y Ribeiro, J.T.S. 2011. *HeuristicsMiner 6.0: Users Guide*. The Netherlands : s.n., 2011.
- (van der Aalst et al., 2004) Wil M.P. van der Aalst y Minseok Song. 2004. *Mining Social Networks: Uncovering Interaction*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg : s.n., 2004. págs. (244–260).

### Bibliografía

- Amo, Fernando Alonso; Normand, Loïc A. Martínez; Pérez, Francisco Javier Segovia. Introducción a la ingeniería de software. Delta Publicaciones. 2005
- Analyst, Discover. 2011. Stereologic. [En línea]. 2011. [Citado el: 8 de enero de 2016.] Disponible en: <http://www.stereologic.com/>.
- API, JAVA J2EE. JPA - Java Persistence. s.f. *JAVA J2EE*. [En línea] s.f. [Citado el: 13 de enero de 2016.] Disponible en: <http://luchorondon.blogspot.com/2009/04/jpa-java-persistence-api.html>.
- ARIS Process Performance Manager. Software. [En línea] 2011. [Citado el: 7 de enero de 2016.] Disponible en: [http://www.softwareag.com/corporate/products/aris\\_alfabet/bpa/overview/default.asp](http://www.softwareag.com/corporate/products/aris_alfabet/bpa/overview/default.asp).
- Basnuevo, Anays Más y Pérez, Yeter Caraballo. El análisis de las redes sociales en la identificación de las relaciones de colaboración. 2009. La Habana : Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2009.
- Biblioteca Nacional de Medicina, EEUU. MedlinePlus Información de la salud para usted. *MedlinePlus Información de la salud para usted*. [En línea] 13 de enero de 2016. [Citado el: 17 de marzo de 2016.] Disponible en: <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/surgery.html>.
- Bratosin, C., Sidorova, N. y Van Der Aalst, W. *Distributed genetic process mining using sampling*. 2011.
- Bulletin of the World Health Organization. 29 de febrero del 2016. 2, Ginebra, Suiza : s.n., 29 de febrero del 2016, Vol. 94. 77-156.
- Burbeck, Steve. *Applications Programming in Smalltalk-80(TM), How to use Model-View-Controller (MVC)*. 2012.
- CDAC. 2016. CDAC. CDAC. [Online] 2016. [Cited: marzo 19, 2016.] Disponible en: [http://cdac.in/index.aspx?id=hi\\_his\\_sushrut](http://cdac.in/index.aspx?id=hi_his_sushrut).
- Chambers, Duncan, et al. Social network analysis in healthcare settings: a systematic scoping review. PloS one, 2012

- Chamorro, M.C.; Maturana, S. *Método para Aplicar Minería de Procesos a la Distribución de Bebestibles No Alcohólicos*. 2013.
- Deacon, J. *Model-View-Controller (MVC) Architecture*. 2012.
- Desikan, P.; et al. 2013. *Using social network analysis to identify key players within clinical teams for improving pain management. En Healthcare Informatics (ICHI). IEEE International Conference on. IEEE*. 2013.
- Duncan RG, Saperia D, Dulbandzhyan R, Shabot MM, Polaschek JX, Jones DT. *Integrated web-based viewing and secure remote access to a clinical data repository and diverse clinical systems*. s.l. : Proc AMIA Symp, 2001.
- FlashTicSalut. [En línea] 2011. [Citado el: 21 de Marzo de 2016.] Disponible en: <http://www.ticsalut.cat/flashticsalut/html/es/articulos/doc34875.html>.
- Franky, C. Researchgate. [En línea] 2010. [Citado el: 12 de enero de 2016.] Disponible en: [http://www.researchgate.net/profile/Consuelo\\_Franky/publication/228753991\\_Java\\_EE\\_5\\_%28sucesor\\_de\\_J2EE%29\\_el\\_reto\\_de\\_volver\\_a\\_empezar/links/0fcfd50916764d54ee000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Consuelo_Franky/publication/228753991_Java_EE_5_%28sucesor_de_J2EE%29_el_reto_de_volver_a_empezar/links/0fcfd50916764d54ee000000.pdf).
- Futurism. 2008. Futurism. Futurism. [En línea] 2008. [Citado el: 19 de marzo de 2016.] Disponible en: <http://www.futurismtechnologies.com/Hospital-Information-Management-System-HMIS.html>.
- Gasendy, Victor St. 2016. Sistema de Gestión Hospitalaria. Sistema de Gestión Hospitalaria. [En línea] 19 de enero de 2012. [Citado el: 17 de marzo de 2016.] Disponible en: <http://docteurgasendy.blogspot.com/2012/01/gasendy-st-victor-11-3032.html>. 11-3032.
- González-Vera, D. et al. 2015. Componente de búsqueda para el Sistema de Información Hospitalaria del Centro de Informática Médica. Ciudad de la Habana, Cuba : s.n., 2015.
- Gras, J. C. Los desafíos de la Minería de Procesos. *Horizontes BPM*. [En línea] 14 de agosto de 2012. Disponible en: <http://horizontesbpm.blog.com/?p=159>.
- Günther, C. W. y Van der Aalst, W. M. P. *Fuzzy Mining: Adaptive Process Simplification Based on Multi-Perspective Metrics*. 2007.
- Günther, C; Rozinat, A. Disco: Discover Your Processes. s.l. : Fluxicon Bomanshof 259, 5611 NS, Eindhoven, The Netherlands., 2010.

- Halamka JD, Osterland C, Safran C. 1999. *CareWeb, a web-based medical record for an integrated health care delivery system*. s.l. : Int J Med Inform, 1999.
- Hall, Larman - Prentice. s.f. *UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos*. s.f. págs. 38- 50.
- Hernández Leon y Rolando, Alfredo; Coello González, Sayda. 2011. *El Proceso de Investigación Científica*. Ciudad de la Habana, Cuba : Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior, 2011. ISBN 978-959-16-1307-3.
- Hibernate. s.f. Hibernate. [En línea] s.f. [Citado el: 12 de enero de 2016.] <http://hibernate.org/>.
- Homayounfar, P. (2012, September). *Process mining challenges in hospital information systems*. s.l. : 2012 Federated Conference, (2012, September). págs. (1135-1140).
- Hripcsak G, Cimino JJ, Sengupta S. 1999. *WebCIS: large scale deployment of a Web-based clinical information system*. s.l. : Proc AMIA Symp, 1999.
- Informáticos, Departamento de Lenguas y Sistemas. *Patrones de Asignación de Responsabilidades (GRASP)*. Sevilla : Escuela Técnica superior de Ingeniería.
- ISO 9001, 2008. NORMA INTERNACIONAL ISO 9001 [en línea]. 2008. S.I. s.n. Disponible en <httpfarmacia.unmsm.edu.penoticias2012documentosISO-9001.pdf>.
- Jacobson, Ivar; Boochy, Grady; Rumbaugh, James. *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. Editorial Pearson Educación. Madrid, 2000.
- Jboss. s.f. Jboss. [En línea] s.f. [Citado el: 14 de enero de 2016.] <http://www.jboss.org/technology/>.
- JSF. s.f. <http://www.desarrolloweb.com>. *Java Server Faces, Primer artículo de un pequeño manual sobre esta tecnología*. [En línea] s.f. [Citado el: 12 de enero de 2016.] <http://www.desarrolloweb.com/articulos/2380.php>.
- L., MA. 2012. *How to evaluate the Performance of Process Discovery Algorithms*. *Master thesis*. s.l. : Eindhoven University of Technology., 2012.
- Liu, X. 2011. *Java.net. Developing applications with Facelets, JSF and JS*. [En línea] 2011. [Citado el: 13 de enero de 2016.] <http://today.java.net/pub/a/today/2006/08/29/developing-with-facelets-jsf-jsp.html>.

- Leyva-Vázquez, Maikel Y. y Rafael Bello-Lara , Rafael Alejandro Espín-Andrade. Lógica difusa compensatoria para el análisis inteligente de redes sociales. 2014. 4, La Habana : Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 2014, Vol. 8. ISSN: 2227-1899.
- Lucifer, P. s.f. Searchsoa. *Java Runtime Environment - JRE*. [En línea] s.f. [Citado el: 13 de enero de 2016.] <http://searchsoa.techtarget.com/definition/Java-Runtime-Environment>.
- Luke, Douglas A. et al. 2007. *Network analysis in public health: history, methods, and applications*. *Annu. Rev. Public Health*. 2007.
- Luna, D.; Otero, P.; Lopez-Osornio, A.; Pedernera, F.; et al. *Informatización de la capa clínica de un sistema de salud metropolitana: El proyecto Italica*. Chile : II Congreso de Tecnologías de Información en Salud, 2006.
- Lybeshari, E. 2012. *Process mining in Intensive Care Unit Data (Doctoral dissertation, EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY)*. 2012.
- Mans, R. S., Schonenberg, M. H., Song, M., van der Aalst, W. M., & Bakker, P. J. 2009. *Application of process mining in healthcare—a case study in a dutch hospital*. In *Biomedical*. Berlin Heidelberg : Springer, 2009. págs. (425-438).
- Mattogno, Maurizio Alejandro Rendon. 2014. *Inteligencia Empresarial combinando técnicas de Minería de Procesos y Minería de Datos*. La Laguna : Universidad de La Laguna, 2014.
- Olivan, José Antonio Salvador. 1997. *Sistemas de informacion hospitalarios: el C.M.B.D*. Zaragoza, España : s.n., 1997. 115-130.
- OMS. 2011. Organización Mundial de la Salud. OMS. [En línea] OMS, 2011. [Citado el: 17 de marzo de 2016.] [http://www.who.int/features/factfiles/safe\\_surgery/es/](http://www.who.int/features/factfiles/safe_surgery/es/).
- Operarme.es. 2016. Operarme.es Especialistas en cirugía. *Operarme.es Especialistas en cirugía*. [En línea] 2016. [Citado el: 21 de Marzo de 2016.] <https://www.operarme.es/noticia/391/que-tipo-de-intervenciones-quirurgicas-existen/>.
- Pablo Barrales, Javier Paredes. 2013. Prezi. *minería de procesos*. [En línea] 19 de 11 de 2013. <https://prezi.com/8a8r4chr4gvj/mineria-de-procesos/>.
- Parallel Computing Technologies: 11th International Conference*. Malyshekin, Victor. 2011. Kazan, Russia : s.n., 2011.

- Pérez Andrade, Giselle, Prieto Hernández, Michael y González Martínez, Yoandy. 2009. *Módulo Bloque Quirúrgico del Sistema Xavia HIS*. Ciudad de la Habana, Cuba : s.n., 2009.
- PgAdmin. PgAdmin. [En línea] [Citado el: 14 de enero de 2016.] <http://www.pgadmin.org/>.
- ProM Tools. *ProM Tools*. [En línea] 2010. [Citado el: 7 de enero de 2016.] Disponible en: <http://www.promtools.org/doku.php>.
- QPR. 2011. QPR. [En línea] 2011. [Citado el: 8 de enero de 2016.] <http://www.qpr.com/>.
- Romero, Yenisleidy Fernández y González, Yanette Díaz. 2012. Patrón Modelo-Vista-Controlador. 1, La Habana : Revista Telem@tica, 2012, Vol. 11. ISSN 1729-3804.
- RPP Noticias. 2012. RPP Noticias. *RPP Noticias*. [En línea] 14 de Junio de 2012. [Citado el: 22 de Marzo de 2016.] <http://rpp.pe/vida-y-estilo/salud/como-podemos-aprovechar-las-ventajas-de-las-tic-en-salud-noticia-492331>.
- Ruiz, Alejandro A. and Ines, Nina. 2013. Visualización con Pajek. Mexico : s.n., 2013.
- Rumbaugh, J., y Jacobson, I., Booch. G. 2007. El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia. Pearson Education. 2007.
- Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, P. Metodología de la Investigación. 5ta. Ed. México D. F: 2013. Mc Graw-Hill.
- Sivsa. 2009. Sivsa. Sivsa. [En línea] 2009. [Citado el: 17 de marzo de 2016.] <http://www.sivsa.com/>.
- Tello, Eduardo A. Rodríguez. 2012. Estrategias y técnicas de prueba del software. Tamaulipas, Mexico : CINVESTAV, 2012.
- Torres Sakipova, Dina Yaksilik. Algoritmos y técnicas de descubrimiento de procesos poco estructurados: estado del arte. La Habana, Cuba : s.n., julio-septiembre de 2014, Revista Cubana de Ciencias Informáticas, Vol. 8, págs. 114-130.
- Universidad de las Ciencias Informáticas. 2015. RCCI. [En línea] 2015. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=2227-1899&nrm=iso&rep=&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_serial&pid=2227-1899&nrm=iso&rep=&lng=es).
- University of Technoregistry Eindhoven . 2015. coursera. *Minería de procesos: la ciencia de datos en acción*. [En línea] 2015. <https://www.coursera.org/course/procmin>.

- van der Aalst, W.M.P. and Van der Alst, W.M.P. 2009. "ProM: The Process Mining Toolkit," in *Proceedings of BPM*. Germany : s.n., 2009. Vol. 489.
- van der Aalst, Wil. 2011. *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Heidelberg : Springer, 2011. ISBN-10: 3642193447.
- van der Aalst, Wil, y otros. 2012. *Manifiesto sobre Minería de Procesos. IEEE Task Force on Process Mining*. Berlin Heidelberg : Springer, 2012.
- Vargas- Carmona, J. *El viaje del descubrimiento de procesos*. Mayo-Junio de 2013.
- Visconti, Marcello y Astudillo, Hernán. 2012. *Fundamentos de la Ingeniería de Software*. Valparaíso, Chile : s.n., 2012.
- WANG, Fei, et al. 2014. *Application of network analysis on healthcare. En Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), IEEE/ACM International Conference on. .* 2014.
- Webster, C., & MSIE, M. 2012. *EHR Business Process Management: from process mining to process improvement to process usability. In Health care systems process improvement Conf.* 2012.
- Weijters, A.J.M.M., van der Aalst, W.M.P. y Alves de Medeiros, A.K. *Process Mining with the HeuristicsMiner*. The Netherlands. : Department of Technology Management, Eindhoven University of Technology, 2006.
- Weijters, A.J.M.M y Ribeiro, J.T.S. 2011. *HeuristicsMiner 6.0: Users Guide*. The Netherlands : s.n., 2011.
- Wil M.P. van der Aalst y Minseok Song. 2004. *Mining Social Networks: Uncovering Interaction*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg : s.n., 2004. págs. (244–260)