



**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS
FACULTAD 2**

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

Vista de análisis para la selección de equipos de trabajo quirúrgico
en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS

Autores:

Abraham Andrés Cedeño Meade
Joel de Jesús Mayo Céspedes

Tutores:

MSc. José Felipe Ramírez Pérez
Ing. Yoandry González Castro

**La Habana, 21 de junio de 2016
“Año 58 de la Revolución”**

Declaración de autoría

Declaramos ser los únicos autores del trabajo de diploma “Vista de análisis para la selección de equipos de trabajo quirúrgico en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS” y autorizamos al Centro de Informática Médica de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos la presente a los ____ días del mes de _____ del año 2016.

Abraham Andrés Cedeño Meade
Firma del Autor

Joel de Jesús Mayo Céspedes
Firma del Autor

MSc. José Felipe Ramírez Pérez
Firma del Tutor

Ing. Yoandry González Castro
Firma del Tutor

Datos de contacto

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 y el nivel hospitalario, 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 procesos. 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).

Ing. Yoandry González Castro (yoandrygc@uci.cu): graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2013. Se desempeña como desarrollador en el Proyecto SIDEC del Departamento de Desarrollo de Aplicaciones del Centro de Informática Médica (CESIM).

Agradezco primeramente a Dios, por mantenerme con mucha salud para poder lograr el sueño de mi familia. A mi madre Midelis simplemente por ser la mejor madre del mundo, gracias a ella hoy estoy aquí, no solamente por el trabajo de

llevarme 9 meses en su vientre, criarme, cuidarme y educarme lo suficiente para que me convirtiera en un hombre de bien, sino, que todo el tiempo estuvo impulsándome cuando quería desistir del estudio, aún con mucho camino transitado yo pensaba que no podía y gracias a su fuerza ese destino culmina con este día. También quiero agradecer a todo aquel que me desea el bien.

A mi padre Andrés, por ser sabio y rectificar cuando todavía había tiempo, por apoyarme cuando lo necesité y darme el impulso para que terminara la carrera.

A mi otro padre Julio por soportar mis malcriadeces de la niñez y la adolescencia, por verme crecer y darme este tamaño que tengo, eres un factor clave en mis estudios.

A mi novia Yarimis por su apoyo incondicional, son pocas las palabras que tengo para sentirme agradecido, por ser parte de mi vida y por estar ahí cuando se me presentaban los obstáculos y creía que no podía, siendo mi fuerza, mi impulso y mi confianza.

A mis hermanos Isaac y Jesús por ser uno más de los motivos de ser alguien en la vida. A mi abuelo Orlando por todos los consejos que siempre me ha dado, y le pido a Dios que me lo deje llegar a los 120 años para seguir escuchándolos porque me seguirán haciendo falta. A mi abuela Elba por abrirme sus brazos y recibirme en su vida como si nunca me hubiese separado de ella.

A mis suegros Onelia y Cheo y a toda la familia de mi novia por recibirme como un hijo más en su casa y brindarme todo lo que tenían como si fuese mío.

A mi tía Marina y mi prima Maryelis por su ayuda para lograr finalizar mi carrera.

A mi compañero de tesis y amigo Joel por siempre confiar en que todo nos iba a salir bien. A mi hermano doble Andy que hizo que mi paso por la Universidad fuera más ameno. A mis compañeros de aula Danny, Reinier y Sandra, Leonel, Ilsen, Hansel, y de apartamento en especial a Carlos por su disposición cuando tuve que molestarlo para estudiar para las pruebas y al final con muchas vicisitudes de la tesis.

A los amigos que hice aquí adentro que han hecho que esta página en mi vida sea inolvidable. A mi tutor que por confiar que saldríamos por todo lo alto y apoyarnos desde su posición. Al tribunal porque gracias a su exigencia y conocimiento hicieron que involuntariamente me esforzara aún más para que todo mi proceso de tesis fuese el mejor.

A todas aquellas personas y profesores que de una manera u otra me ayudaron desde su alcance a convertirme en ingeniero, que si los mencionara a todos no me alcanzan las hojas de este documento para agradecerles, sencillamente gracias, hoy inicia una nueva etapa en mi vida.

De Abraham

Primero que nada, agradecerles a mis padres por su apoyo incondicional, por el amor que me han brindado y por enseñarme a luchar por lo que quiero, la persona que han formado es gracias a ustedes, no me alcanzaría una sola vida para hacer por ustedes, lo que ustedes han hecho por mí. A mi madre Ana Margarita porque sus palabras, su dedicación, su amor de madre y su apoyo desde el minuto en que comencé a existir, eres lo más grande que tengo en la

vida. A mi padre Joel, que a pesar de no estar presente físicamente en los últimos años, ha sido un ejemplo a seguir para mí, ha sabido guiarme y he podido contar con él para todo. Además, cuando me refiero a padres tengo que mencionar a otra de las personas importantes de mi vida, a mi otro padre Luisi, le agradezco muchísimo todo lo que ha hecho por mí, otro de los ejemplos que he seguido en mi vida y me han llevado a ser la persona que soy hoy. Además le agradezco a otra de las personas que han actuado como un padre en mi vida, a mi hermano Roly, gracias a un esfuerzo que hizo pude comenzar en la universidad, hoy poco más de cinco años después, soy ingeniero, gracias por eso y por mucho más, son cosas que solo un padre hace. Agradecer a toda mi familia en general, estoy orgulloso de tener una familia así. Agradecerle al amor de mi vida, a mi novia Lissa Laura, desde que entraste en mi corazón soy otra persona, gracias por hacerme sentir la persona más afortunada del mundo, y por los años tan lindos que hemos vivido juntos, no existen palabras para expresar lo que siento por ti y lo que te agradezco, ojalá pueda dedicar mi vida entera a hacerte feliz, gracias nene, eres mucho más que mi novia. A mis suegros Yary y Yordys, los mejores suegros del mundo, con ellos el concepto mundial de suegros es imposible que se cumpla, gracias por haberme hecho parte de la familia y por todo lo que han hecho por mí. Agradecer a mi compañero de tesis Abraham, por todo el trabajo que hemos hecho juntos y por confiar siempre en que podíamos salir adelante. Agradecerle a todos mis amigos y compañeros de aula que han estado presente durante los cinco años, en especial Ilsen, compañero de cuarto, de litera y de mesa en el aula durante los cinco años, pero mucho más que eso, amigos, y a otros muy especiales también, a Carlos, David, Afelun, Arian, Joaquín, Yamel

& Yarisbel. A mis compañeros de piso Sandra y Reynier, convivir con ustedes ha sido genial.

Agradecerle a mi tutor José Felipe, gracias a su apoyo ha sido posible la realización de este trabajo de diploma y a nuestro tribunal por hacernos trabajar por nuestro bien. Agradecer además a todos los profesores que intervinieron en mi formación.

Y sobre todo gracias a Dios por la vida que me ha dado.

De Joel

Dedico mi tesis a Dios, a toda mi familia, pero en especial a mi madre que su esfuerzo y apoyo fue incondicional, a mis padres, a mi abuela Elba y mi abuelo Orlando, a mi novia Yarimis, a mis hermanos y todo aquel que me ayudó y confió en mí a lo largo de mi carrera, los quiero.

De Abraham

A mis padres por todo el amor que me han dado durante toda mi vida, y por confiar siempre en mí, en que voy a salir adelante. A mi hermano Roly y mi cuñada Lissy. A mi novia Lissa Laura por estar presente en cada momento de mi vida durante los últimos años y apoyarme en todo, en general a toda mi familia por ser tan especial.

De Joel

Resumen

En la actualidad una de las condiciones de trabajo que más influye en los resultados de las actividades laborales, es el trabajo en equipo, siendo esencial en los salones de cirugía. El jefe de servicio es el encargado en las instituciones hospitalarias, de crear los equipos quirúrgicos que realizan las operaciones. Este no tiene en cuenta las relaciones de casos y actividades en común entre los miembros de los equipos quirúrgicos, con el fin de conformar los equipos, por el gran cúmulo de información que hay que gestionar para poder tomar una decisión correcta.

En la UCI se desarrolla el sistema XAVIA HIS como apoyo a los servicios de salud, este cuenta con un módulo Bloque Quirúrgico. En este no se analiza la información contenida en los procesos del sistema, relacionada con operaciones llevadas a cabo por los miembros de los equipos quirúrgicos, lo que dificulta la creación de los equipos por parte del jefe de servicio.

Por lo anteriormente planteado la presente investigación tuvo como objetivo desarrollar e incorporar una vista de análisis al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS, como apoyo a la toma de decisiones por parte del jefe de servicio, para la creación de equipos quirúrgicos. Para ello se utilizó la técnica *Social Network Miner*, de la minería de procesos. Con el desarrollo de la vista de análisis se espera contribuir a la mejora del personal a integrar los equipos de trabajo quirúrgico, con el fin garantizar la calidad de vida del paciente en cirugía.

Palabras clave: equipos quirúrgicos, minería de procesos, salud, sistema XAVIA HIS, trabajo en equipo

Tabla de Contenidos

Introducción	12
CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación	18
1.1 Principales conceptos asociados al negocio	18
1.1.1 Trabajo en equipo en salas de cirugía	18
1.1.2 Comité de Evaluación de Intervenciones Quirúrgicas.....	19
1.1.3 Análisis de Redes Sociales (ARS).....	22
1.1.4 Minería de Procesos	24
1.1.5 Redes neuronales artificiales.....	26
1.1.6 <i>Soft Computing</i>	27
1.2 Análisis del estado del arte	28
1.2.1 Comparación de las técnicas computacionales analizadas	28
1.3 Análisis de las principales herramientas y sistemas informáticos existentes	29
1.4 Herramientas y tecnologías.....	33
Conclusiones parciales.....	38
CAPÍTULO 2. Propuesta de solución.....	39
2.1 Descripción del proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico	39
2.1.1 Descripción del proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico en hospitales.....	39
2.1.2 Descripción del proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico desde sistema XAVIA HIS	40
2.1.3 Comparación de los procesos de selección de equipos de trabajo quirúrgico ...	41
2.2 Propuesta de solución.....	42
2.2.1 Funcionalidades propuestas.....	43
2.3 Análisis del funcionamiento de la técnica <i>Social Network Miner</i>	43
2.4 Descripción de la propuesta de solución	45
2.4.1 Primera Fase: Obtención fuente de datos.....	45
2.4.2 Segunda Fase: Limpieza de las técnicas	45
2.4.3 Tercera Fase: Implementación de la vista	46
2.5 Arquitectura de software.....	49
2.5.1 Patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador	50
2.6 Patrones de diseño.....	51
2.7 Estándares de codificación	52
2.8 Tratamiento de excepciones	53
2.9 Seguridad informática	54
Conclusiones parciales.....	55
CAPÍTULO 3. Validación de la propuesta de solución y análisis de resultados	57
3.1 Estrategia de validación.....	57
3.2 Pruebas de caja negra	58
3.3 Pruebas de caja blanca	61
3.4 Comparación entre sistemas	64
3.5 Análisis de resultados	66
3.6 Análisis del impacto social y factibilidad económica de la propuesta de solución	66
Conclusiones parciales.....	67
Conclusiones.....	68

Tabla de Contenidos

Recomendaciones.....	69
Referencias bibliográficas	70

Introducción

En la actualidad una de las condiciones de trabajo que más influye de forma positiva en los resultados de las actividades laborales es formar equipos de trabajo, estos organizan coordinadamente la forma de trabajar; están formados por un grupo de personas que se unen de acuerdo a sus habilidades, especialidad y/o competencia específica. Los equipos de trabajo tienen como objetivo, cumplir una determinada actividad guiados por un coordinador. Esta forma de trabajar tiende a incrementar la calidad laboral y se presentan nuevas alternativas para la resolución de problemas. El trabajo grupal favorece los tiempos y optimiza los plazos. Estos grupos de trabajo son creados en varios sectores de la sociedad, uno de ellos y muy importante en la actualidad es el de la salud.

En el sector de la salud es necesario formar equipos de trabajo con el objetivo de proveer una atención integral al paciente. El Real Colegio de Médicos Generales (RCGP, por sus siglas en inglés), en el año 1970, hace una valoración del estado actual y las necesidades futuras de la medicina general, y se pronuncia de la siguiente manera: *“el concepto de atención médica integral, orientada a la familia, exige un enfoque multidisciplinario, e implica comunicación y cooperación entre varios profesionales de la salud, dentro de un marco de trabajo que permita centrar la atención sobre las necesidades totales de salud del paciente, dentro de este contexto estas necesidades ya no pueden ser satisfechas por un médico que trabaje aisladamente, sino que requieren de la formación de un equipo de atención, cuyos miembros proporcionen cada uno, una perspectiva diferente de conocimientos, actitudes y habilidades (RCPG, 1970)”*.

A raíz de lo planteado por el RCGP, años más tarde, la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 1973, define al equipo de salud como: *“asociación de personas, con diferentes disciplinas profesionales, pero con un objetivo común que es el de proveer en cualquier ámbito a los pacientes y familias la atención más integral de salud posible (OMS, 1973).”* En la actualidad se pone en práctica lo planteado por la OMS años atrás, ejemplo de esto se evidencia en los servicios quirúrgicos, pues existen estudios que avalan la importancia de crear equipos de trabajo quirúrgico, como mecanismo determinante para aumentar el rendimiento y mejorar la seguridad del paciente en cirugía (Forrellat, 2014). Un equipo quirúrgico está compuesto por cirujanos, anestesiólogos y enfermeros; estos son los principales responsables del éxito en salones de cirugía (Espinosa, 2013).

Una buena creación de un equipo de trabajo quirúrgico garantiza la seguridad del paciente y por tanto una asistencia sanitaria de calidad. La complejidad de las intervenciones quirúrgicas requieren cada vez de mayor preparación técnica, el ser humano es falible y la capacitación científica no es suficiente para garantizar el resultado, por este motivo es necesario además adquirir habilidades no técnicas, como el trabajo en equipo (Cassinello, 2014), con el fin de disminuir las adversidades que existen en intervenciones quirúrgicas.

Hoy en día la mayor parte de los errores que se cometen en los salones de cirugía a nivel mundial vienen de la mano de la falta de comunicación y funcionamiento de equipos quirúrgicos (Ramírez-Pérez et al., 2015). Las fallas en estos equipos continúan siendo uno de los elementos que más contribuyen al desarrollo de efectos adversos en los salones de cirugía (Espinosa, 2013). Típicamente, fallas en habilidades técnicas y en habilidades no técnicas como la comunicación, la toma de decisiones y el trabajo en equipo (Espinosa, 2013; Sánchez et al., 2013), por estas razones es necesario seleccionar al personal que integran los equipos quirúrgicos de manera tal, que sean capaces de disminuir las fallas antes mencionadas.

La selección del personal para conformar los equipos de trabajo quirúrgico que participan en las intervenciones, hoy representa un tema complejo (Ramírez-Pérez et al., 2015). El jefe de servicio, que es el encargado de realizar la selección del personal a integrar el equipo quirúrgico que realizará la intervención, selecciona las personas que finalmente lo integrarán teniendo en cuenta solamente su disponibilidad física en el momento de la intervención. Este no tiene en cuenta factores que pueden ser relevantes para su conformación, como las relaciones de **casos en común** y **actividades similares** entre los miembros del equipo quirúrgico, debido a que resulta una tarea compleja, por el gran cúmulo de información que hay que gestionar y luego analizar para poder tomar una decisión correcta.

- Los **casos en común** en este contexto, se traduce a las operaciones o intervenciones quirúrgicas realizadas en conjunto, por tanto, cuando se hace mención de relaciones de casos en común, representan las relaciones que existen entre los miembros del equipo quirúrgico, las que pueden aumentar cuando son realizados operaciones en conjunto. En la medida en que sean realizados, casos de operaciones en común entre los miembros de un equipo quirúrgico, va a posibilitar que exista un ambiente de confianza entre ellos, propiciando la comunicación y la toma de decisiones en todo tipo de situaciones.
- Las **actividades similares** representan la frecuencia con que cada miembro del equipo quirúrgico realiza la misma actividad, u operación en este caso, basado en la región

anatómica de la intervención quirúrgica, esto influye en cada uno de ellos adquieran nuevas habilidades técnicas. El conocimiento médico es tan amplio y los casos que se presentan pueden tener una complejidad tan elevada que el médico debe conocer más en profundidad a lo que se enfrenta; por consiguiente, la mayor frecuencia en la realización de determinadas intervenciones conlleva a una seguridad superior y eficacia de las intervenciones (Sánchez, et al., 2005) (García, 2014).

El creciente avance de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ha propiciado el desarrollo de sistemas informáticos como apoyo a los servicios de salud. Específicamente para el nivel de Atención Secundaria de Salud, fueron desarrollados los Sistemas de Información Hospitalaria (HIS, por sus siglas en inglés). Estos cuentan con módulos que gestionan distintas áreas asistenciales, entre ellas el área quirúrgica y ahí se gestiona la información referente a los servicios quirúrgicos, en donde se lleva a cabo la conformación de los equipos quirúrgicos que participarán en las distintas intervenciones. Nuestro país no está exento de los avances en los que se encuentran los servicios de salud. En los últimos años se han desarrollado este tipo de sistemas como apoyo a los servicios que presta el sector sanitario.

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se desarrolla el Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS, el cual cuenta con el módulo Bloque Quirúrgico. En dicho módulo se gestiona la creación de la solicitud de intervención quirúrgica, que incluye el diagnóstico practicado al paciente, el proceder quirúrgico a realizar, los datos propios de la solicitud como día, hora y duración de la intervención, así como los recursos necesarios, con ello se selecciona el personal a integrar el equipo a efectuar la operación. Dicha composición está integrada por un personal multidisciplinario de cirujanos, anestesiólogos y enfermeros. Luego de un análisis realizado, en dicho proceso de conformación de los equipos de trabajo quirúrgico, se identifican las siguientes insuficiencias:

- No se analiza la información contenida en los procesos del sistema, relacionada con operaciones llevadas a cabo por los miembros de los equipos quirúrgicos, lo que dificulta la creación de equipos de trabajo quirúrgicos por parte del jefe de servicio.
- No se tiene en cuenta las relaciones de operaciones realizadas en común, ni las actividades similares realizadas entre especialistas, lo que dificulta una mejor selección del personal a integrar los equipos de trabajo quirúrgico.

- No se analizan las evaluaciones de desempeño profesional del personal quirúrgico, lo que dificulta la toma de decisiones por parte del Jefe de servicio en la selección de los equipos de trabajo quirúrgico.
- No se tiene en cuenta el grado de complejidad ni la región anatómica de la intervención quirúrgica actual, lo cual dificulta una mejor conformación de los equipos de trabajo quirúrgico de acuerdo al cuadro clínico-operatorio de los pacientes a operar.

Teniendo en cuenta la situación anterior se identifica como **problema a resolver**: ¿Cómo mejorar la selección de personal para crear equipos de trabajos quirúrgicos, teniendo en cuenta casos y actividades en común?

El **objeto de estudio** se enmarca en el proceso de selección de equipos de trabajos quirúrgicos.

El **campo de acción** se centra en la selección de equipos de trabajo quirúrgicos teniendo en cuenta casos y actividades en común.

Para dar solución al problema identificado anteriormente se define como **objetivo general**: desarrollar una vista de análisis integrada al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS, que permita mejorar la selección de personal para crear equipos de trabajos quirúrgicos teniendo en cuenta casos y actividades en común.

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

1. Análisis de los sistemas informáticos existentes a nivel nacional e internacional que son utilizados para la selección de personal, para establecer similitudes con la investigación en curso.
2. Análisis del proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico, para el desarrollo de la vista de análisis.
3. Análisis del funcionamiento de la técnica *Social Network Miner*, para el desarrollo de la vista de análisis.
4. Asimilación de las herramientas y tecnologías definidas por el proyecto HIS del CESIM para el desarrollo de la vista de análisis.
5. Desarrollo de una vista de análisis para la selección de equipos de trabajo quirúrgico, para su integración al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS.
6. Realización de pruebas de software para validar el correcto funcionamiento de la vista de análisis desarrollada.

Para el desarrollo del presente trabajo se emplearon los siguientes métodos científicos:

- El método histórico lógico: para caracterizar etapas del desarrollo histórico del proceso de conformación de equipos de trabajo quirúrgico, su surgimiento, evolución y estado actual, todo ello en función de comprender mejor el objeto de estudio de la investigación.
- Método de análisis y síntesis: Se utilizó para la descomposición del problema identificado en elementos por separado y la profundización en el estudio de cada uno de ellos, para luego sintetizarlos en la propuesta de solución.
- Modelación: para la personalización y desarrollo del algoritmo basado en análisis de redes sociales y minería de procesos, a partir de las relaciones basadas en casos y actividades en común.
- Entrevista: realizadas al personal quirúrgico e informático, para la obtención de toda la información necesaria respecto al proceso de conformación de equipos de trabajo quirúrgico, y cómo deberían de ser realizados según las tendencias mundiales. Se utilizó para ello una guía de desarrollo que garantiza que los aspectos fundamentales fueran descritos de forma correcta y con profundidad.
- Análisis documental: para el análisis del objeto de estudio y campo de acción de la presente investigación y cumplir el objetivo. Se realizó consulta de libros y de artículos científicos digitales.

Con el desarrollo de la investigación se esperan los siguientes beneficios:

- La vista análisis servirá como apoyo a la toma de decisiones clínico-administrativas, para realizar la selección del personal a integrar los equipos de trabajo quirúrgico. Para ello se presenta en forma de red, las relaciones existentes entre las personas de un servicio quirúrgico en el Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS.
- La vista de análisis contribuirá al estudio de los procesos hospitalarios en el módulo Bloque Quirúrgico del Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS, relacionado a la optimización de los tiempos de cirugía y una mayor seguridad de los pacientes en el proceso operatorio. Todo ello a partir de un registro de eventos generado en determinado rango de fechas, en determinado servicio quirúrgico y ante determinados diagnósticos y procedimientos quirúrgicos.

El documento está estructurado en tres capítulos:

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación: se definen los elementos fundamentales en los que se basa la investigación. Se abordan los principales conceptos asociados al negocio, así como los referentes teóricos del análisis de redes sociales y la minería

de procesos, utilizados para llevar a cabo la propuesta de solución. Se realiza además un análisis de los sistemas informáticos que son utilizados para la selección de personal. Por último, se describen las herramientas y tecnologías asimiladas para el desarrollo de la propuesta de solución.

CAPÍTULO 2. Propuesta de solución: se describe el proceso que se realiza para conformar los equipos de trabajo quirúrgico. Se realiza la explicación de la técnica utilizada y del procedimiento seguido para el desarrollo de la vista de análisis. La seguridad es abordada con la finalidad de prevenir intrusiones que puedan afectar la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información contenida.

CAPÍTULO 3. Validación de la propuesta de solución y análisis de resultados: se realizan pruebas de software para validar el correcto funcionamiento de la vista de análisis. Se evalúa el impacto social y la factibilidad de la vista de análisis desarrollada. Por último, se analizan los resultados obtenidos a partir de su aplicación en el módulo Bloque Quirúrgico del Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS.

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación

En el presente capítulo se definen los elementos fundamentales en los que se basa la investigación. Se abordan los principales conceptos asociados a la gestión de los procesos sanitarios que se realizan en los hospitales, los fundamentos del trabajo en equipo, los equipos de trabajo en los salones de cirugía, así como los procedimientos establecidos y utilizados para la evaluación de las intervenciones quirúrgicas.

Se tratan los referentes teóricos del análisis de redes sociales y la minería de procesos, utilizados para llevar a cabo la propuesta de solución. Se realiza además un análisis de las principales investigaciones llevadas a cabo en el área, así como los sistemas informáticos y herramientas existentes para conformar equipos de trabajo a partir del desempeño profesional y de relaciones basados en casos y actividades en común. Por último, se describen las herramientas y tecnologías asimiladas para el desarrollo de la propuesta de solución.

1.1 Principales conceptos asociados al negocio

En el presente epígrafe se definen y argumentan los principales conceptos asociados al negocio de la selección de equipos de trabajo quirúrgico:

1.1.1 Trabajo en equipo en salas de cirugía

El trabajo en equipo es un método de cooperación colectiva en el que los participantes intercambian sus ideas y experiencias con el fin de satisfacer un objetivo común al realizar tareas en conjunto. Con el trabajo en equipo se puede obtener mejores resultados, nuevas mejoras, ahorro en costo y aumentar la calidad de las tareas que se realizan. Los miembros de un equipo de trabajo responden en conjunto a una tarea determinada. Cada miembro del equipo realiza una parte de las actividades correspondientes, por lo que es necesaria la coordinación entre cada uno de sus miembros. Se evidencia la necesidad de una alta colaboración (Romero et al., 2013).

La calidad de la atención al paciente ha pasado a ser una prioridad en los centros hospitalarios. En los salones de cirugía la complejidad de las intervenciones requiere cada vez mayor preparación técnica. Sin embargo, los seres humanos no son infalibles y en ocasiones los conocimientos técnicos no son suficientes, por lo que se hace necesario adquirir nuevas habilidades como el trabajo en equipo (Cassinello, 2014)

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación

Muchos de los errores hospitalarios ocurren en las salas de cirugía debido a que el trabajo en equipo implica objetivos comunes y funciones específicas de cada miembro. Por lo que se hace necesario actitudes positivas entre los miembros del equipo: buena comunicación, liderazgo, capacidad de ayuda y retroalimentación. Debido a que en las salas de cirugía muchas acciones se realizan sin necesidad de órdenes expresas, pero ante la aparición de complicaciones es necesario ser más explícito por tratarse de situaciones menos habituales (Cassinello, 2014).

En los salones de cirugía el error técnico es la mayor causa de efectos adversos provocados a partir del mal funcionamiento de los equipos de trabajo, siendo reconocido como uno de los factores que provocan complicaciones en los salones de cirugía. En un equipo de trabajo, son fundamentales en la prevención del error: la comunicación, la confianza entre los integrantes del equipo y la habilidad que tengan estos para manejar eventos inesperados (Anaya et al., 2011).

Las fallas de comunicación en el quirófano pueden poner en riesgo la seguridad del paciente. Consecuentemente, el evaluar la efectividad en la comunicación de los equipos de trabajo facilitaría la solución oportuna de los problemas y de las intervenciones potenciales en los cuidados quirúrgicos. Las encuestas de actitud de trabajo en equipo constituyen uno de los métodos más eficientes para evaluar la comunicación mediante evaluaciones psicológicas (Anaya et al., 2011).

Los autores de la investigación concluyen que la selección de los equipos de trabajo quirúrgico competentes y con buena comunicación entre sus miembros, adquiere una importancia significativa para las instituciones hospitalarias. Esto se debe a que de un buen equipo de trabajo quirúrgico depende el éxito de una operación y la salud del paciente.

1.1.2 Comité de Evaluación de Intervenciones Quirúrgicas

Los procesos de evaluación son una actividad fundamental dentro del desarrollo del conocimiento. Estos permiten, por una parte, pesquisar errores y corregirlos y, por otra, detectar conductas acertadas y reforzarlas. Con el paso de los años la necesidad de medir la atención médica ha ido incrementando por lo que en varios países se han creado auditorías médicas con el objetivo de evaluar la calidad de la atención sanitaria. En el año 1986 se crea en Cuba el Comité Médico Auditor (Castillo-Lamas et al., 2009). Para una elevada calidad quirúrgica se han desarrollado sistemas de puntuación, cuyo propósito es permitir una evaluación objetiva de los procesos en el ámbito sanitario. Entre los mismos se encuentra el Comité de Evaluación de Intervenciones Quirúrgicas (CEIQ), formado por patólogos y cirujanos, creado para evaluar la calidad de las operaciones (Castillo-Lamas et al., 2009).

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación

El proceso de evaluación de las intervenciones quirúrgicas está comprendido por cada una de las etapas por las que cursa el paciente luego de ser diagnosticado que debe ser intervenido quirúrgicamente. Las mismas son:

- El anuncio operatorio.
- El informe operatorio.
- El informe del estado histológico de las biopsias.
- El informe de necropsia (si hubo fallecidos).
- La Historia Clínica (HC) del paciente.
- Las opiniones de los especialistas consultados.

El anuncio operatorio se hará con 24 horas de antelación cuantas veces se considere necesario dada la organización del trabajo en los salones de operación, tendrá el nombre del paciente, el número de su HC, las fechas del anuncio operatorio y el día en que esta se efectuará, el nombre del cirujano y el diagnóstico preoperatorio. El informe operatorio tendrá el nombre del paciente, el número de la HC, el nombre del cirujano que realizó la intervención, la fecha de esta y la descripción del acto quirúrgico, según lo normado. El informe del estado histológico de las biopsias tendrá el nombre del patólogo, el nombre del cirujano, las fechas correspondientes y la procedencia del paciente (dentro o fuera del hospital, según el caso).

El informe de necropsia y la HC serán solicitados por el Comité de Evaluación de Intervenciones Quirúrgicas en aquellos casos especiales en que ambos documentos sean necesarios al evaluar. Las opiniones de los especialistas consultados serán emitidas, verbalmente o por escrito, y aparecerán en el informe mensual del Comité relacionado con el paciente. Todos estos documentos necesarios para realizar la evaluación tienen que ser facilitados en tiempo y forma al evaluador (Miembro designado por el Comité de Evaluación de Intervenciones Quirúrgicas como evaluador) para que la intervención quirúrgica sea evaluada. Si este requisito no se cumple, la intervención realizada resultará no evaluable y la causa por la cual esta calificación se otorga tiene que ser consignada en el informe mensual del Comité de Evaluación de Intervenciones Quirúrgicas.

La evaluación se expresará por una calificación cuyos grados o notas se representan por letras mayúsculas o números, como se determina a continuación:

A= Diagnóstico correcto y operación justificada.

B= Diagnóstico incorrecto y operación justificada.

C= Diagnóstico incorrecto y operación injustificada.

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación

D= Diagnóstico correcto y operación injustificada.

1= Operación suficiente.

2= Operación insuficiente.

3= Operación exagerada.

E= Accidente quirúrgico.

Para calificar, se situará la letra seguida del número. El accidente quirúrgico se coloca al final de la calificación. Se juzgará el criterio quirúrgico, no el accidente inevitable ni la imposibilidad de realizar determinado propósito. En caso de intervenciones en que se realicen varios procedimientos quirúrgicos diferentes, éstos se calificarán en conjunto y no por separados, ya que ello es más exacto y práctico desde el punto de vista evaluativo y estadístico.

La magnitud de la intervención se catalogará de suficiente, insuficiente o exagerada. Se tendrá por insuficiente cuando el propósito que se perseguía era factible, no habiéndose logrado o habiéndose alcanzado sólo parcialmente. Se tendrá por exagerada, cuando el cirujano ha ido más allá de lo requerido y normado para lograr su propósito. La operación insuficiente es ya en sí exagerada y no es necesario (en estos pacientes) señalarlos como tal; sólo se calificará como injustificada. De ocurrir un accidente en el período transoperatorio, el procedimiento utilizado para corregirlo no se catalogará de exagerado, si se ajusta a las normas. Se tendrá por accidente quirúrgico el que ocurre durante los procedimientos operatorios y que pudo ser evitado. No se tendrá en cuenta si dio lugar a complicaciones o a la muerte del paciente.

El diagnóstico será incorrecto cuando el resultado de la intervención o la biopsia confirmen el diagnóstico etiológico planteado en el anuncio operatorio. En aquellos pacientes en los cuales las normas aprobadas no se hayan cumplido, el cirujano especialista debe explicar en el informe operatorio las razones de este incumplimiento, que serán discutidas por el colectivo, quien calificará el proceder. El incumplimiento de lo señalado hará que se califique como negativo.

El proceso de evaluación del desempeño mide el grado en que cada trabajador mantiene su idoneidad y cumple los objetivos del cargo o puesto de trabajo que desempeña (eficacia), así como la forma en que utiliza sus recursos para lograr dichos objetivos (eficiencia). El nivel del desempeño de un especialista que lleva a cabo una intervención quirúrgica se ve reflejado a través de los resultados obtenidos. Cuando el objetivo propuesto es alcanzado, el desempeño de los especialistas involucrados fue el mejor y la evaluación es alta. En la conformación de los equipos de trabajo

quirúrgico, se deben medir además, patrones de afinidad, teniendo en cuenta anteriores evaluaciones de desempeño del personal. Una de las técnicas utilizadas para investigar patrones de afinidad es el análisis de redes sociales (ARS).

1.1.3 Análisis de Redes Sociales (ARS)

El análisis de redes sociales (ARS) es un acercamiento al estudio de las interacciones sociales humanas. Brinda una colección de métodos, técnicas y herramientas de propósitos sociométricos para analizar redes sociales (Van der Aalst et al., 2005). El objeto de estudio del ARS son las redes sociales, su morfología, sus patrones de comportamiento general y su relación con los individuos que las componen (Aguirre-Leonidas, 2011). Puede ser utilizado para investigar patrones de afinidad, estructuras de comunidades, o de organización de redes sociales formales e informales.

El ARS cuantifica las relaciones entre los actores con el objeto de crear matrices y redes gráficas que representen esas relaciones como un todo, y de esa forma analizar las distintas características del sistema de relaciones bajo estudio, indistintamente de la naturaleza de estas relaciones: políticas, económicas, de parentesco, amistad, cooperación, conflicto, etc. El ARS se concentra en la red de relaciones, las posiciones funcionalmente diferenciables dentro de éstas, sus procesos dinámicos de adaptación, sus flujos y transacciones, entre otras (Aguirre-Leonidas, 2011).

El ARS detecta posiciones dentro de las redes de relaciones y las características funcionales de éstas en relación a toda la red. Permite diferenciar posiciones, estrategias, flujos de transacciones y distribución de poder entre un conjunto de actores en un espacio y tiempo determinados; además de dar cuenta de cómo las redes asisten en configurar identidades, normas y valores compartidos en el ámbito que se esté aplicando (Aguirre-Leonidas, 2011).

Uno de los problemas más importantes en el análisis de redes sociales es determinar los roles funcionales de los individuos en la red. Diferentes individuos en la red social a menudo desempeñan diferentes roles. Ejemplo de los roles intuitivos incluyen a los líderes, seguidores, reguladores, personas populares, entre otros (Cook et al., 2006).

En sus inicios la Teoría de Redes solo contaba con una base metodológica pues sus aportes prácticos eran locales y limitados. La incapacidad de explicar la complejidad en las relaciones a gran escala solo pudo ser resuelta en la década de 1970 con la llegada de los algoritmos de computación, orientando la formalización y medición de los datos con mayor precisión (Aguirre-Leonidas, 2011).

Gráficamente una red social se representa mediante grafos (Ver Figura 1). Los nodos del grafo, también llamados actor o vértice, pueden ser representados como un individuo o grupo de individuos. Los vínculos entre estos, también llamada arista, muestran las relaciones o flujos entre los nodos. A los vínculos generalmente se le asigna un peso que es la fuerza o importancia de la relación (Navarro et al., 2011).



Figura 1. Ejemplo de una red social como un grafo dirigido o sociograma. Fuente: (Olivares-Mejía, 2010).

El ARS tiene múltiples aplicaciones en los más diversos campos, es usado para mejorar la eficiencia de la estructura organizacional de las empresas, desarrollo exitoso de nuevos productos, análisis de transmisión de enfermedades, propagación de virus informáticos, análisis del comportamiento de comunidades, estudio del capital social, entre otros.

1.1.3.1 Análisis de redes sociales en el sector de la salud

Estudios demuestran que el análisis de redes sociales en el sector de la salud es un enfoque ampliamente utilizado y ha tenido resultados positivos en su aplicación. A continuación se muestran ejemplos de aplicación de ARS en el sector de la salud:

- Luke en 2007 define el ARS como un enfoque para la investigación que es especialmente adecuado para describir, explorar y entender los aspectos estructurales y relacionales en la Salud. Lo utiliza para estudiar el contagio y transmisión de enfermedades, especialmente el VIH/SIDA y otras enfermedades de transmisión sexual. Hace alusión a investigaciones que lo emplean para la transmisión de información, en particular para la difusión de las innovaciones; su papel en el apoyo social y el capital social; la influencia de las redes personales y sociales en el comportamiento en Salud; y la estructura inter-organizacional de los sistemas de salud (Luke et al., 2007).

- Meltzer en 2010 aporta que con el uso de ARS se pueden conformar equipos de trabajo más efectivos que mejoren la calidad de la atención médica. En su investigación se constata además que las conexiones de los miembros del equipo fuera del equipo pueden ser más importante para la difusión de información, mientras que las conexiones de los miembros del equipo en el interior del equipo puede ser más importante para la coordinación en equipo, el intercambio de conocimientos y la comunicación (Meltzer et al., 2010).
- Por su parte, Chambers en 2012 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).
- En la investigación realizada por Desikan en 2013, se realiza una inferencia de redes de interacción profesionales en 3 unidades de enfermería de un gran hospital en los Estados Unidos para examinar el flujo de información, así como las interacciones entre los grupos y personal más exitoso. Como conclusión el autor refiere que el uso de ARS para el entendimiento de las relaciones sociales entre individuos en la atención médica es un enfoque innovador y relativamente reciente (Desikan et al., 2013).
- Por último, Wang en 2014 constata que 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, para entender la colaboración entre cirujanos, anestesiólogos y asistentes 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 et al., 2014).

1.1.4 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. La idea de la minería de procesos es descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales (i.e., no los procesos supuestos) a través de la extracción de conocimiento de los registros de eventos ampliamente disponibles en los actuales sistemas de información (Van der Aalst et al., 2011).

Uno de los objetivos es llevar el control de los procesos, pero además tiene como objetivo permitir el descubrimiento de procesos, estructuras organizacionales, controles e información partiendo de la base de los registros de eventos. La minería de procesos incluye el descubrimiento (automático) de

procesos (i.e., extraer modelos de procesos a partir de un registro de eventos), la verificación de conformidad (i.e., monitorear desviaciones al comparar el modelo y el registro de eventos), la construcción automática de modelos de simulación, la extensión de modelos, la reparación de modelos, la predicción de casos, y las recomendaciones basadas en historia (Van der Aalst et al., 2011).

Además, dentro del descubrimiento, como tipo de minería de procesos, se encuentra la minería de redes sociales, la cual ofrece enfoques y herramientas que combinan la gestión de flujos con los conceptos de ARS, permitiendo la inferencia de redes de interacción social (Van der Aalst et al., 2011). El sistema XAVIA HIS está orientado a procesos, por tanto, es importante analizar la minería de procesos y las ventajas que brinda su aplicación en el contexto actual en función de seleccionar mejor los equipos de trabajo quirúrgico.

El uso de la minería de procesos en diversas esferas de la sociedad demuestra su efectividad para detectar funcionamientos anómalos (i.e. desviación de recursos), tiempos de ejecución de actividades en el proceso (i.e. exceso en el tiempo de estancia de un producto en el almacén o su ausencia, así como, las variaciones entre la realidad y lo prescrito) (Orellana-García et al., 2014).

1.1.4.1 Minería de procesos en el sector de la salud

La aplicación de la minería de procesos sobre sistemas hospitalarios permite monitorizar la utilización de los recursos, (i.e. los implementos quirúrgicos, los destinados a enfermería y los de consulta externa). Asimismo, permite monitorear el desempeño de los usuarios, reconocer patrones en el flujo del proceso, analizar casos aislados o infrecuentes, etc. En el entorno de la salud existe poco más de una treintena de estudios hasta la fecha de aplicación de minería de procesos en el sector de la salud y propiamente en entornos hospitalarios (Orellana-García et al., 2014), siendo un enfoque moderno y recomendable en dicho contexto. A continuación se exponen las principales investigaciones:

- Su aplicación en casos reales de Ginecología y Oncología permitió optimizar, a partir de un gráfico de puntos, la trayectoria de los pacientes por los procesos de atención (Mans et al., 2011).
- Dios-Rubio y otros en 2010 en el artículo Modelado y análisis de un proceso quirúrgico mediante técnicas de minería de procesos aplica esta área del conocimiento en unidades quirúrgicas en Sevilla, España. El autor concluye que las organizaciones, para mejorar su funcionamiento, buscan cada vez más un enfoque de gestión de procesos, siendo en la salud un factor determinante para el análisis y mejoramiento de los procesos de atención sanitaria al paciente (Dios-Rubio et al., 2010).

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación

- En 2011 Ronny Mans refiere en su libro “Flujo de trabajo para el dominio de Salud” que las organizaciones de salud están incrementando la presión para mejorar la productividad y reducir los costos de atención. Es por ello que la aplicación de minería de procesos es un enfoque moderno y recomendable en dicho sector debido a que cada día sus procesos son más complicados, los análisis se vuelven menos triviales, por lo que se deben contar con herramientas que ayuden a entenderlos, analizarlos y modelarlos para apoyar la toma de decisiones (Mans, 2011).
- Su aplicación en las Historias Clínicas Electrónicas permitió mejorar los procesos de cuidado a pacientes (Webster, 2011). Tras descubrir horarios de mayor afluencia en el área de Emergencias, permitió controlar y destinar recursos a este sector hospitalario (Mans et al., 2013).
- En 2012 Lybeshari aplica minería de procesos en unidades de cuidados intensivos en Holanda. En dicho servicio de los hospitales se ofrece atención médica a los pacientes críticamente enfermos. El número de estos pacientes está aumentando considerablemente, asimismo el costo de atención, por lo que la disminución de los costos y el mejoramiento de la calidad son elementos muy importantes pero también constituyen retos. El autor aplica minería de procesos para comprobar si se siguen correctamente las directrices médicas por el personal de las unidades de cuidados intensivos, en función de mejorar los procesos clínicos y el bienestar de los pacientes (Lybeshari, 2012).
- Van Doremalen en 2012 aplica una metodología para el rápido diagnóstico de los procesos a través de la minería de procesos. El mismo lo aplica en dos casos de estudios en las salas de Urología y Oncología ginecológica en un hospital de Holanda. El autor finalmente refiere que la metodología es muy aplicable en dicho sector, constituyendo una buena solución para la resolución de problemas y análisis de procesos hospitalarios (Van Doremalen, 2012).
- En artículo de Orellana 2014 se propuso la generación de modelos de procesos en el área de Emergencias para obtener vistas detalladas, adecuadas a la realidad y fácilmente analizables a partir de los registros de eventos guardados en los sistemas de información destinados a la salud y en particular de un hospital. Permitted detectar eventualidades como tareas incompletas, información ausente y poca correspondencia entre el proceso de negocio y el sistema (Orellana, et al., 2014).

1.1.5 Redes neuronales artificiales

Una red neuronal es un sistema de procesadores paralelos conectados entre sí en forma de grafo dirigido. Esquemáticamente cada elemento de procesamiento (neuronas) de la red se representa

como un nodo. Estas conexiones establecen una estructura jerárquica que tratando de emular la fisiología del cerebro busca nuevos modelos de procesamiento para solucionar problemas concretos del mundo real (Freeman et al., 1993).

Lo importante en el desarrollo de la técnica de las RNA es su útil comportamiento al aprender, reconocer y aplicar relaciones entre objetos y tramas de objetos propios del mundo real. En este sentido, se utilizan las RNA como una herramienta que podrá utilizarse para resolver problemas difíciles.

Debido a su constitución y a sus fundamentos, las redes neuronales artificiales presentan un gran número de características semejantes a las del cerebro. Por ejemplo, son capaces de aprender de la experiencia, de generalizar de casos anteriores a nuevos casos, de abstraer características esenciales a partir de entradas que representan información irrelevante, etc. Esto hace que ofrezcan numerosas ventajas y que este tipo de tecnología se esté aplicando en múltiples áreas. Entre las ventajas se incluyen (Matich et al., 2001):

- Aprendizaje adaptativo: capacidad de aprender a realizar tareas basadas en un entrenamiento o en una experiencia inicial.
- Auto-organización: una red neuronal puede crear su propia organización o representación de la información que recibe mediante una etapa de aprendizaje.
- Tolerancia a fallos: la destrucción parcial de una red conduce a una degradación de su estructura; sin embargo, algunas capacidades de la red se pueden retener, incluso sufriendo un gran daño.
- Operación en tiempo real: los cómputos neuronales pueden ser realizados en paralelo; para esto se diseñan y fabrican máquinas con hardware especial para obtener esta capacidad.

Fácil inserción dentro de la tecnología existente: Se pueden obtener chips especializados para redes neuronales que mejoran su capacidad en ciertas tareas. Ello facilitará la integración modular en los sistemas existentes.

1.1.6 Soft Computing

Se define *Soft Computing* como un conjunto de técnicas y métodos que permitan tratar las situaciones prácticas reales de la misma forma que suelen hacerlo los seres humanos, es decir, en base a inteligencia, sentido común, consideración de analogías, aproximaciones (Verdegay, 2005).

En este sentido, el principal objetivo de la Soft Computing es aprovechar la tolerancia que conllevan la imprecisión y la incertidumbre, para conseguir manejabilidad, robustez y soluciones de bajo costo. Los

principales ingredientes de la Soft Computing son la Lógica Fuzzy, la Neuro-computación y el Razonamiento Probabilístico, incluyendo este último a los Algoritmos Genéticos, las Redes de Creencia, los Sistemas Caóticos y algunas partes de la Teoría de Aprendizaje. En esa asociación de Lógica Fuzzy, Neurocomputación y Razonamiento Probabilístico, la Lógica Fuzzy se ocupa principalmente de la imprecisión y el Razonamiento Aproximado; la Neurocomputación del aprendizaje, y el Razonamiento Probabilístico de la incertidumbre y la propagación de las creencias.

1.2 Análisis del estado del arte

En el presente epígrafe se realiza un análisis documental de las técnicas computacionales existentes para seleccionar equipos de trabajo, para seleccionar las más adecuadas en función del objetivo de la presente investigación, para ello se analizan las investigaciones desarrolladas fundamentalmente en los últimos 5 años. Se analizan además las herramientas y sistemas informáticos en explotación, así como tecnologías informáticas y de otras ciencias que tributan a la Inteligencia Organizacional para la selección y recomendación de equipos de trabajo. Al finalizar cada epígrafe se realiza un cuadro comparativo para seleccionar las tecnologías y herramientas a utilizar.

1.2.1 Comparación de las técnicas computacionales analizadas

Anteriormente se analizaron las principales técnicas computacionales que pueden ser utilizadas para la selección de equipos de trabajo y se arribó a las siguientes conclusiones:

- Las redes neuronales artificiales y *soft computing* tienen múltiples aplicaciones en el sector de la salud arrojando resultados positivos, por sus características son ajustables al negocio pues puede ser utilizadas para la selección de equipos de trabajo, sin embargo, no existen estudios que demuestren que han sido utilizadas con este fin.
- El análisis de redes sociales es una técnica que proviene de la sociología, la cual es una ciencia social que estudia las relaciones que existen entre las personas, por tanto, es un elemento fundamental a tener en cuenta para la presente investigación, además que existen estudios que demuestran que la técnica ha sido utilizada para la selección de equipos de trabajo y ha sido ampliamente utilizada en la medicina.
- La minería de procesos, además de poseer gran cantidad de ventajas en su utilización, posee una gran variedad de técnicas, una de ellas es la minería de redes sociales la cual utiliza el análisis de redes sociales para inferir redes de interacción social, esencial para hacer análisis para la sección de equipos de trabajo.

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación

Por lo anteriormente expuesto, los autores de la presente investigación utilizarán la minería de procesos, específicamente la técnica minería de redes sociales para dar solución a la problemática planteada.

Tabla 1: Análisis de las técnicas computacionales estudiadas para la selección de equipos de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Técnicas/ Características	Aplicación en la salud	Ajustable al negocio	Utilización para selección de equipos de trabajo
ARS	x	x	x
Minería de procesos	x	x	x
Redes neuronales	x	x	
Soft computing	x	x	

1.3 Análisis de las principales herramientas y sistemas informáticos existentes

Se analizaron las herramientas y sistemas informáticos más difundidos actualmente que, utilizando análisis de redes sociales y minería de procesos, tanto en el ámbito nacional como internacional, pueden ser utilizadas para la conformación de equipos de trabajo quirúrgico, bien sea por desempeño profesional y/o identificación de relaciones basadas en casos y actividades en común.

Se analizaron varias herramientas y sistemas informáticos diseñados para satisfacer las necesidades del proceso de reclutamiento y selección de personal, algunos con un enfoque orientado a procesos en los análisis que realiza.

Entre las herramientas se encuentran Prom y Disco, líderes para el análisis de redes sociales desde la minería de procesos. Ucinet 6, NetMiner y Netdraw como herramientas para la visualización y análisis de redes sociales. Como sistemas informáticos se pueden destacar: HUNTER HRMS, AUDALIA Lumesse, y Huma Nex. Tales sistemas informáticos proveen una mejor toma de decisión, organización y manipulación de la información además de que evitan la pérdida de tiempo y dinero generada por la contratación de empleados que no son adecuados. A continuación se muestra la descripción de los mismos:

ProM

Es una herramienta de código abierto y distribuida gratuitamente. Ha sido el estándar impuesto para la minería de procesos durante la última década. Permite el descubrimiento de procesos, el chequeo de conformidad, el mejoramiento de procesos, el análisis de redes sociales, la minería organizacional y la minería de decisión, etc.

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación

El marco de trabajo ProM provee más de 600 técnicas con capacidades de minería de procesos. La herramienta requiere experiencia en minería de procesos y no está respaldada por una organización comercial. Por lo tanto, tiene las ventajas y desventajas comunes para el software de código abierto (Van der Aalst et al., 2011). ProM tiene como ventaja que presenta una técnica *Social Network Miner* para la inferencia de redes de interacción profesional a partir de relaciones basadas en casos y actividades en común, aplicable a la presente investigación.

Disco

Disco es una aplicación completa de minería de procesos desarrollada por Fluxicon en 2009, es la herramienta más usada dentro de las privativas, posee una licencia gratuita limitada con fines académicos. Implementada con el objetivo de ser una herramienta profesional para el apoyo a las organizaciones en el control de sus procesos. Ha sido 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. También es totalmente compatible con las herramientas académicas ProM 5 y 6 (Van der Aalst et al., 2011).

Ucinet 6

Es el paquete de software más difundido entre los analistas de redes sociales. Su creador es Steve Borgatti, profesor del Boston College (USA). El paquete completo contiene en tres programas básicos: el mismo Ucinet, el Spreadsheet y el NetDraw, que cumplen roles diferentes y complementarios. No obstante, está concebido para un ambiente Windows, es privativo y solo permite su uso sin licencia por 90 días (Navarro et al., 2007). Teniendo en cuenta lo anterior, no se ajusta a las políticas de soberanía tecnológica llevadas a cabo por nuestro país y a la arquitectura definida por el Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS, que es multiplataforma.

NetMiner

NetMiner es un software de paga y privativo, cuya función es el análisis, exploración y visualización de datos de red basados en análisis de redes sociales, puede ser utilizado para la investigación en general y la enseñanza en las redes sociales. Entre sus funciones esta herramienta permite a los investigadores a explorar sus datos de forma visual e interactiva, les ayuda a detectar patrones subyacentes y las estructuras de la red (Navarro et al., 2007). Dicho software no se ajusta a los principios del Sistema de Información Hospitalaria, al cual se va a aplicar el producto resultante de la

presente investigación, donde todas las tecnologías son libres, el código es de la Universidad de las Ciencias Informáticas y que está exento de todo tipo de pago.

NetDraw

Es un programa gráfico versátil destinado a la visualización de redes sociales. Este permite observar a los diferentes actores de una red, con sus relaciones y características propias, en forma de grafos simples. Su principal problema es la poca cantidad y facilidad en el uso de las métricas implementadas y sus resultados (Navarro et al., 2007). El producto resultante de este estudio será usado por especialistas del sector de la salud, no expertos en el área informática. Siendo un principio de la investigación y del Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS, al cual se le aplicará la investigación, la usabilidad y entendimiento por parte de usuarios no expertos.

HUNTER HRMS

País de origen: Israel.

Software de selección de personal creado por la empresa NILOOSOFT que desarrolla Software de reclutamiento y selección de personal. NilooSoft (Niloos Software Ltd.) es una compañía de software, fundada en Israel en 2003; su objetivo es proporcionar soluciones de alta tecnología a sus clientes. Es distribuido en México y América Latina (LATAM) por empresas que ofrecen el Software reclutamiento y selección de personal para áreas de Recursos Humanos (RRHH), teniendo como objetivo principal brindar a los clientes una solución integral ofreciendo herramientas de calidad (Software Hunter HRMS, 2005).

Los principales objetivos del software son:

- Ofrecer programa para reclutar y clasificar empleados.
- Ofrecer reclutamiento a través de las redes sociales
- Análisis y archivo automático de *Currículum Vitae* (CV).

AUDALIA Lumesse

País de origen: España.

Lumesse, es el fabricante líder europeo de software para la Gestión del Talento. La funcionalidad de este software es fruto de las mejores prácticas de Recursos Humanos a nivel mundial y ha ido creciendo junto con sus clientes para ayudarlos a seleccionar, identificar, gestionar, desarrollar e incentivar a sus empleados con talento.

AUDALIA, es el socio de Lumesse para España y durante la última década ha implantado sus soluciones en algunas de las mayores compañías de este país.

Cuenta con más de 1.600 clientes globales entre los que se encuentran compañías líderes y compañías medianas de los sectores de: automoción, banca, farmacia, comunicaciones, entre otros, para adaptarse a las necesidades de cada uno de sus clientes. Actúa en diferentes áreas como en E-Recruitment, Gestión del Talento y HR Analytics (Audalia Lumesse, 2007). Su objetivo general es ofrecer buscador de talento, para evaluar por desempeño y por competencia.

Huma NEX

País de origen: España.

Software diseñado para ayudar y contribuir a la mejora de la gestión del proceso completo de selección y la gestión de ofertas. Automatiza y acelera la mayor parte de los procesos asociados con el reclutamiento, desde la especificación y fijación de las vacantes, la gestión de sistema de control de versiones (CVs) y la organización de cada etapa de la entrevista y del proceso de selección. Con el mismo se pueden gestionar y trazar todas las actividades y procesos de selección y reclutamiento a través del sistema, ya que es mucho más sencillo hacer un informe eficaz para las campañas de selección, por ende garantiza una mejora en la eficiencia de sus procesos (Huma Nex, 2008).

Los principales objetivos del software son:

- Ofrecer potentes funcionalidades de búsqueda para la identificación de los candidatos más apropiados.
- Permitir una gestión sencilla e integrada del proceso de selección.
- Plataforma adaptable y compatible con las necesidades y requerimientos de cada cliente.

Teniendo en cuenta el análisis de las técnicas computacionales desarrollado en el epígrafe anterior, se definen un conjunto de indicadores para analizar las herramientas y sistemas informáticos abordados.

Los indicadores se muestran a continuación:

- Enfoque orientado al análisis de procesos (**PAIS**)
- Utilización de análisis de redes sociales para la inferencia de relaciones entre recursos (**ARS**)
- Utilización de minería de procesos para el análisis de los procesos organizacionales (**MP**)
- Licencia libre o comercial (**Licencia**)
- Tipo de software -Web o Escritorio- (**Software**)
- Genérico -Se puede ajustar o no al negocio de Salud- (**Genérico**)

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación

- Entendible por personal no experto (**Entendible**)
- Usable por personal no especializado -Intuitivo o no- (**Usable**)
- Desarrollado en Java (**Java**)
- Cantidad y facilidad de uso de las métricas y sus resultados (**Métricas**)

El resumen del análisis realizado se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2: Análisis de las herramientas y sistemas informáticos existentes para la selección de equipos de trabajo quirúrgico.
Fuente: Elaboración propia.

Sistemas informáticos	PAIS	ARS	MP	Licencia	Software	Genérico	Entendible	Usable	Java	Métricas
ProM	X	X	X	Libre	Escritorio	Sí	No	No	Sí	Sí
Disco	X	X	X	Comercial	Escritorio	Sí	No	No	No	Sí
Ucinet 6	-	X	-	Comercial	Web	Sí	Sí	Sí	No	Sí
NetMiner	-	X	-	Comercial	Web	Sí	Sí	Sí	No	Sí
NetDraw	-	X	-	Libre	Web	Sí	Sí	Sí	No	Sí
HUNTER HRMS	-	-	-	Comercial	Web	No	Sí	Sí	No	No
AUDALIA Lumesse	-	-	-	Comercial	Web	No	Sí	Sí	No	No
Huma NEX	-	-	-	Comercial	Web	No	Sí	Sí	No	No

Luego de realizado el análisis de las herramientas y sistemas informáticos existentes para la selección de equipos de trabajo quirúrgico, se arribó a las siguientes conclusiones:

Los autores de la presente investigación concluyen que la herramienta ProM es la que más se ajusta a los indicadores definidos. Es por ello que se utilizará como parte de la propuesta de solución la técnica *Social Network Miner* implementada como parte de dicha herramienta, la cual permite la inferencia de redes de interacción profesional a partir de relaciones basadas en casos y actividades en común.

No obstante, dicha técnica requiere una personalización para que se ajuste totalmente al negocio en cuestión, la selección de equipo de trabajo quirúrgico como parte del módulo Bloque Quirúrgico del Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS. Asimismo, debe mejorar el entendimiento y usabilidad por parte de usuarios no expertos, especialistas del Sistema Nacional de Salud.

1.4 Herramientas y tecnologías

Las herramientas son un punto importante en la elaboración de una aplicación, son los programas que se reutilizan para automatizar las actividades definidas en el proceso de desarrollo de software; permiten crear y darle soporte al mismo, haciendo en varias ocasiones el trabajo más factible.

CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica de la investigación

En el proceso de desarrollo de la vista de análisis propuesta serán utilizadas diversas herramientas entre las que se encuentran: *PostgreSQL* como gestor de base de datos, *Jboss Developer Studio* como entorno de desarrollo integrado, *Seam* como marco de trabajo de desarrollo, *Java* como lenguaje de programación y *Jboss* como servidor de aplicaciones. A continuación se muestra la descripción de las mismas:

Java 1.6

Es un lenguaje de programación orientado a objetos, en sí mismo, toma mucha de su sintaxis de C y C++, pero tiene un modelo de objetos más simple y elimina herramientas de bajo nivel, que suelen inducir a muchos errores, como la manipulación directa de punteros o memoria. Entre los objetivos principales que tiene Java se encuentran (Becerril, 2007):

- Usar la metodología de la programación orientada a objetos.
- Permitir la ejecución de un mismo programa en múltiples sistemas operativos.
- Incluir por defecto soporte para trabajo en red.

Dicho lenguaje es multiplataforma. El mismo se ha extendido y ha cobrado cada día más importancia tanto en el ámbito de Internet como en la Informática en general.

XHTML

XHTML (eXtensible HyperText Markup Language, por sus siglas en inglés) es un lenguaje de programación pensado para sustituir a HTML. Los tipos de documentos de la familia XHTML están basados en XML, y diseñados fundamentalmente para trabajar en conjunto con aplicaciones de usuario basadas en XML.

Los documentos XHTML son conformes a XML. Como tales, son fácilmente visualizados, editados y validados con herramientas XML estándar. Estos documentos XHTML pueden escribirse para que funcionen igual o mejor que lo hacían antes tanto en las aplicaciones de usuario conformes a HTML 4.0 como en las nuevas aplicaciones conformes a XHTML 1.0. Además pueden usar aplicaciones (scripts y applets) que se basen ya sea en el Modelo de Objeto del Documento de HTML o XML [DOM] (Eguíluz-Pérez, 2007).

Marcos de trabajo, librerías y componentes

JSF 1.2

La tecnología JSF (Java Server Faces, por sus siglas en inglés) es un marco de trabajo para aplicaciones Java basadas en web que simplifica el desarrollo de interfaces de usuario en aplicaciones Java EE. Dicha tecnología incluye (JSF, 2012):

- Un conjunto de Interfaz de Programación de Aplicaciones (APIs) para representar componentes de una interfaz de usuario y administrar su estado, manejar eventos, validar entrada, definir un esquema de navegación de las páginas y dar soporte para internacionalización y accesibilidad.
- Un modelo de eventos en el lado del servidor.

Java Runtime Environment (JRE)

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 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, 2014).

RichFaces 3.3

Librería de código abierto basada en Java que permite crear aplicaciones web con AJAX (Asynchronous JavaScript And XML, por sus siglas en inglés). Sobre el marco de trabajo JSF implementa filtros para permitir peticiones en la página. Permite intensificar el conjunto de los beneficios de JSF al trabajar con Ajax, añadir la capacidad de Ajax a aplicaciones JSF, crear rápidamente una vista compleja basándose en sus componentes y escribir sus propios componentes con función de soporte Ajax. Permite además crear una moderna interfaz de usuario rica en vista y sensación basada en esta tecnología, probar y crear los componentes, las acciones, los escuchadores, y las páginas al mismo tiempo (Red Hat, 2007).

Facelets 1.1

Marco de trabajo ligero que permite el uso de plantillas en aplicaciones JSF. Aporta mayor libertad al diseñador y mejora los informes de errores que tiene JSF. Permite la definición de disposición de páginas basada en plantillas, la composición de componentes, creación de etiquetas personalizadas, desarrollo amigable para el diseñador gráfico y creación de librerías de componentes (Liu, 2011).

Ajax4jsf

Librería de código abierto que se integra totalmente en la arquitectura de JSF y extiende la funcionalidad de sus etiquetas, dotándolas con tecnología AJAX de forma limpia y sin añadir código JavaScript. Presenta mejoras sobre los propios beneficios del marco de trabajo JSF incluyendo el ciclo de vida, validaciones, facilidades de conversión y el manejo de recursos estáticos y dinámicos. En definitiva AJAX4JSF permite dotar a una aplicación JSF de contenido mucho más ajustado a las necesidades del usuario, con muy poco esfuerzo (Vega-Rodríguez et al., 2011).

Java Persistence API

Java Persistence API (Application Programming Interface, por sus siglas en inglés) proporciona un modelo de persistencia basado en POJOs (Plain Old Java Objects, por sus siglas en inglés) para mapear bases de datos relacionales en Java. Desarrollado por el grupo de expertos de EJB 3.0 (Enterprise Java Beans, por sus siglas en inglés) para la plataforma Java en sus ediciones Standard (Java SE) y Enterprise (Java EE).

En su definición, se han combinado ideas y conceptos de los principales marcos de trabajo de persistencia como Hibernate y de las versiones anteriores de EJB. El objetivo que persigue la creación de JPA es no perder las ventajas de la orientación a objetos al interactuar con una base de datos (siguiendo el patrón de mapeo objeto-relacional) (API, 2013).

Jboss Seam 2.1

Es un marco de trabajo desarrollado por Jboss. Combina a dos marcos de trabajo: Enterprise JavaBeans (EJB) y Java Server Faces (JSF). Gracias a él puede accederse a cualquier componente EJB desde la capa de presentación refiriéndote a él mediante su nombre de componente Seam.

Seam introduce el concepto de contextos. Cada componente de Seam existe dentro de un contexto. El contexto conversacional por ejemplo captura todas las acciones del usuario hasta que éste sale del sistema o cierra el navegador, inclusive puede llevar un control de múltiples pestañas y mantiene un comportamiento consistente cuando se usa el botón de regresar del navegador (Juntao, 2007). Dicho marco de trabajo puede ser integrado con las bibliotecas de componentes Jboss RichFaces.

Jboss Server 4.2

Es el servidor de aplicaciones de código abierto más ampliamente desarrollado del mercado. Por ser una plataforma certificada JSEE, soporta todas las funcionalidades de JSEE 1.4, incluyendo servicios adicionales como clustering, caching y persistencia. Jboss es ideal para aplicaciones Java y

aplicaciones basadas en la web. También soporta Enterprise Java Beans (EJB) 3.0, esto hace que el desarrollo de las aplicaciones empresariales sea mucho más simple (Jboss, 2016).

Hibernate 3.3

Es una herramienta de mapeo objeto-relacional para la plataforma Java que facilita el mapeo de atributos entre una base de datos relacional tradicional y el modelo de objetos de una aplicación, mediante archivos declarativos XML que permiten establecer estas relaciones. Genera las sentencias SQL y libera al desarrollador del manejo manual de los datos que resultan de la ejecución de dichas sentencias, manteniendo la portabilidad entre todos los motores de bases de datos con un ligero incremento en el tiempo de ejecución. Es software libre, distribuido bajo los términos de la licencia GNU LGPL (Hibernate, 2016).

Enterprise JavaBeans (EJB) 3.0

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.

Sistema Gestor de Base de Datos

Un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) es una colección de programas cuyo objetivo es servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones. Su composición viene dada por un lenguaje de definición de datos, un lenguaje de manipulación de datos y un lenguaje de consulta. Entre los SGBD se encuentra PostgreSQL (Mato-García, 1999).

PostgreSQL 9.4

Es un sistema de gestión de base de datos relacional orientada a objetos de código abierto. Entre sus principales características se encuentran (Lockhart, 1996):

- Soporta el uso de índices, reglas y vistas.
- Permite la gestión de diferentes usuarios, como también los permisos asignados a cada uno de ellos.
- Soporta distintos tipos de datos: además del soporte para los tipos base, también soporta datos de tipo fecha, monetarios, elementos gráficos, datos sobre redes (MAC, IP), cadenas de bits, entre otros.

Jboss Developer Studio 8.0

JBoss Developer Studio proporciona un rendimiento superior para todo el ciclo de vida de desarrollo. Incluye un amplio conjunto de funciones de herramientas y soporte para múltiples modelos y marcos de programación, como Java [™] Enterprise Edition 6, RichFaces, JavaServer Faces (JSF), Enterprise JavaBeans (EJB), Java Persistence API (JPA) e Hibernate, HTML5, y muchas otras tecnologías populares. Está totalmente probado y certificado para asegurar que todos sus plugins, componentes de tiempo de ejecución, y sus dependencias son compatibles entre sí (Rydahl, 2014).

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.

Conclusiones parciales

El análisis de las herramientas y sistemas informáticos desarrollados para la conformación de equipos de trabajo quirúrgico permitió establecer el basamento y los criterios necesarios para el desarrollo de la presente investigación. La utilización de técnicas de análisis de redes sociales en el sector de la salud constituye una tecnología novedosa por los resultados que arroja y su fácil comprensión por personal no experto. La minería de procesos ofrece diversas técnicas capaces de extraer conocimiento de los registros de eventos hospitalarios con el propósito de descubrir, monitorear y mejorar los procesos asistenciales. Las herramientas y tecnologías asimiladas proporcionaron ventajas para el proceso de desarrollo de software por su fácil integración, además de brindar robustez y flexibilidad a los sistemas informáticos.

CAPÍTULO 2. Propuesta de solución

En este capítulo se aborda la propuesta de solución. Se describe el proceso que se realiza para conformar los equipos de trabajo quirúrgico tanto en hospitales como en módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS, para posteriormente hacer una comparación entre ambos. Se detallan los elementos fundamentales de la vista de análisis a desarrollar como la modelación del flujo de información, así como el patrón arquitectónico y los patrones de diseños utilizados. Se realiza la explicación de la técnica utilizada y del procedimiento seguido para el desarrollo de la vista de análisis.

2.1 Descripción del proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico

En el presente epígrafe se describe cómo se lleva a cabo actualmente, el proceso de selección de equipos trabajo quirúrgico en hospitales y en el sistema XAVIA HIS. Luego se hace una comparación de ambos procesos.

2.1.1 Descripción del proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico en hospitales

El proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico constituye el centro de la investigación que se realiza, este se encuentra implícito en el proceso de atención al paciente quirúrgico, el cual incluye, la creación del anuncio operatorio, el informe operatorio y la evaluación de la intervención. El Jefe de servicio es el encargado de tramitar todo el proceso y comienza realizando el anuncio operatorio.

El anuncio operatorio es iniciado en el momento en que un paciente llega para ser intervenido quirúrgicamente, el mismo se hará con 24 horas de antelación cuantas veces se considere necesario. En este se incluye el diagnóstico practicado al paciente, partiendo de este, se determina el procedimiento que debe ser efectuado por los especialistas en la intervención quirúrgica y luego es anotado, por último, se definen los recursos que son necesarios para la intervención. Partiendo de todo esto se selecciona el equipo de trabajo quirúrgico que participará en la intervención.

La selección del equipo de trabajo quirúrgico se realiza teniendo en cuenta que los cirujanos al menos hayan realizado anteriormente el procedimiento definido, además que cada uno de los miembros estén disponibles físicamente en el momento de realizar la intervención. Las evaluaciones de las intervenciones de cada uno de los miembros, también se tienen en cuenta a la hora de seleccionar el equipo, pero existe un gran cúmulo de información de este tipo, por tanto, en ocasiones resulta una tarea difícil analizarla para tomar una decisión correcta. Sin embargo, no se tiene en cuenta la

complejidad de la operación, tampoco que los especialistas hallan compartido los mismos casos de operaciones en función de mejorar la comunicación y el trabajo en equipo entre cada uno de ellos, por último no se tiene en cuenta que los especialistas hayan realizado actividades en común con el fin de mejorar la efectividad de los miembros en las intervenciones.

Luego de tener todos los elementos para realizar la intervención, se procede a efectuar la misma en el momento en que fue planificada. Luego del paciente ser intervenido quirúrgicamente, se crea un informe operatorio por cada procedimiento efectuado con su información correspondiente. Todos estos documentos serán archivados por un miembro designado por el Departamento de Archivo y Estadística como vocal del Comité de Evaluación de Intervenciones Quirúrgicas de acuerdo con el servicio de que se trate, así serán entregados mensualmente en tiempo y forma al responsable de evaluar la intervención quirúrgica.

2.1.2 Descripción del proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico desde sistema XAVIA HIS

El proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico que se realiza actualmente en el Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS, se lleva a cabo por el jefe de servicio y solamente se tiene en cuenta la disponibilidad física del personal quirúrgico en el momento de la intervención. No se mide el grado de complejidad ni la región anatómica de la intervención quirúrgica a efectuar, por lo que puede incrementar resultados no esperados.

Otro de los problemas que se identifican es que no se analizan las evaluaciones de desempeño profesional del personal quirúrgico que contribuya a la toma de decisiones por parte del Jefe de Servicio en la conformación de los equipos de trabajo quirúrgico. No se analiza tampoco la información contenida en los procesos para la conformación eficiente de los equipos de trabajo quirúrgico, que permita optimizar tiempo en cirugías y aumentar la seguridad de los pacientes en el proceso operatorio.

Por último, no se tiene en cuenta las relaciones de operaciones realizadas en común entre especialistas, su comportamiento o tendencia, que permita elegir mejor al personal a integrar los equipos de trabajo. Lo mismo sucede con las actividades similares realizadas por uno o más especialistas, lo que favorecería su integración para una mejor calidad la intervención quirúrgica, teniendo en cuenta que los individuos que realizan actividades similares tienen una conexión más fuerte que las personas que hacen cosas completamente diferentes.

2.1.3 Comparación de los procesos de selección de equipos de trabajo quirúrgico

A continuación, se muestra una tabla resumen con las actividades realizadas en el proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico, con el objetivo de verificar las que son realizadas en los hospitales, y en el módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS.

Tabla 3. Actividades realizadas en el proceso de selección de equipos de trabajo

Actividades realizadas en el proceso de selección de equipos de trabajo quirúrgico	Hospitales	Módulo Bloque Quirúrgico
Se tiene en cuenta la disponibilidad física del personal en el momento de realizar la intervención.	Se tiene en cuenta	Se tiene en cuenta
Se tiene en cuenta el grado de complejidad de la cirugía.	No se tiene en cuenta	No se tiene en cuenta
Se tiene en cuenta la región anatómica de la intervención.	No se tiene en cuenta	No se tiene en cuenta
Se tienen en cuenta las relaciones de actividades similares entre los especialistas.	No se tienen en cuenta	No se tienen en cuenta
Se tienen en cuenta las relaciones de casos en común entre los especialistas.	No se tienen en cuenta	No se tienen en cuenta
Se tienen en cuenta las evaluaciones del desempeño profesional de las intervenciones.	Se tienen en cuenta pero no es eficiente por el volumen de información que existe actualmente	No se tienen en cuenta

Teniendo en cuenta las deficiencias existentes en el proceso de selección del personal para crear los equipos de trabajo quirúrgicos que participan en las intervenciones, se propone el desarrollo de una vista de análisis integrada al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA, ya que este sistema a pesar de contar con las deficiencias antes descritas, almacena todos los procesos que han sido realizado para seleccionar personal, y de esta manera la información puede ser utilizada con el fin de disminuir estas deficiencias.

2.2 Propuesta de solución

Como propuesta de solución se plantea, realizar una vista de análisis que contribuya a la selección del personal que integraran los equipos de trabajo quirúrgico para esto se utilizará la técnica *Social Network Miner* de la minería de procesos. La vista de análisis será incorporada al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS. Esta tiene como objetivo, identificar relaciones basadas en casos y actividades en común entre los miembros de los equipos quirúrgicos, permitiendo la usabilidad y el entendimiento de los resultados mostrados.

La propuesta de solución quedaría de la siguiente manera: el jefe de servicio accede al sistema e introduce los datos necesarios para la programación de una solicitud de intervención, para la cual será necesario la conformación de un equipo de trabajo quirúrgico. Partiendo de una fuente de datos y realizando un uso personalizado sistema muestra una red de interacción social donde le permitirá al usuario seleccionar los especialistas para formar el equipo.

El siguiente modelo explica de manera breve como quedaría la propuesta solución planteada:

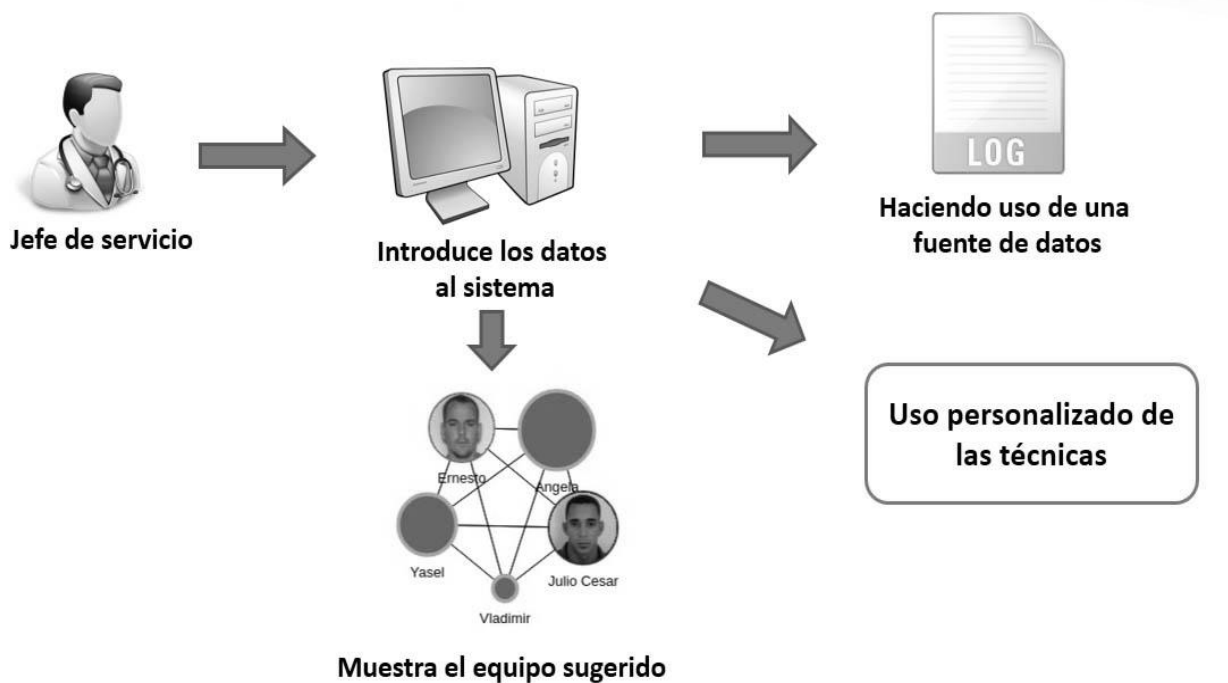


Figura 2. Modelo de la propuesta de solución. Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Funcionalidades propuestas

Para el desarrollo de la vista de análisis propuesta, se plantean una serie de funcionalidades con el objetivo de mostrar la solución esperada. En la vista se encontrarán varias opciones de selección; la primera corresponde a un servicio quirúrgico, partiendo del servicio seleccionado en la opción de selección de procedimientos aparecerán los correspondientes a ese servicio, luego la complejidad, y por último se selecciona la técnica: Minería por trabajo conjunto o Minería por tareas similares, dará en el botón de red social, el cual mostrara una red en el centro de la vista con el equipo de trabajo sugerido para trabajar en cirugía, posibilitando así que el usuario pueda realizar los análisis pertinentes. La vista puede ser cancelada con el botón “Cancelar” para redireccionar a la página anterior.

2.3 Análisis del funcionamiento de la técnica *Social Network Miner*

Social Network Miner es una técnica de la minería de procesos para realizar Análisis de Redes Sociales (ARS) con el objetivo de inferir relaciones entre personas, mostrando como resultado una red social con las interacciones de cada uno de los que interviene. Para los análisis que realiza *Social Network Miner*, esta cuenta con cinco técnicas implícitas que atribuyen a métricas del Análisis de Redes Sociales. A continuación, se muestra un breve análisis de las métricas y sus técnicas:

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 (Working Together):* dos individuos trabajan juntos si llevan a cabo actividades en el mismo caso de un registro de eventos. Esta técnica cuenta la frecuencia con que los individuos trabajan en el mismo caso.

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 cosas completamente diferentes.

- *Mine for a Similar Task Social Network (Similar Task):* la idea principal es determinar quién realiza el mismo tipo de actividades. Para ello, cada individuo tiene su propio perfil en base a la frecuencia con la que llevan a cabo actividades específicas.

Métricas basadas en causalidad: analizan para casos individuales, cómo el trabajo se mueve entre los recursos.

- *Mine for a Handover of Work Social Network (Handover of Work)*: Un recurso subcontrata a otro si por cada 2 tareas realizadas por este, el otro realiza al menos una.
- *Mine for a Subcontracting Social Network (Subcontracting)*: Los recursos estarán relacionados si las tareas son transferidas de uno a otro.

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 (Reassignment)*: La idea básica de esta métrica es detectar la asignación de actividades de un individuo a otro.

Para la selección del equipo de trabajo, es necesario utilizar dos de las técnicas antes descritas, estas son *Similar Task* (Actividades similares) y *Working Together* (Casos en común). En estas técnicas se basa el contenido de la presente investigación. A continuación se muestra un breve análisis de las técnicas elegidas:

Working Together o Casos en común se basa en las operaciones realizadas en común que comparten dos especialistas, por tanto para inferir relaciones basadas en casos entre los miembros de un equipo quirúrgico (dígase cirujanos, enfermeros, anesthesiólogos y ayudantes) es necesario la utilización de esta técnica ya que mientras mayor sea la cantidad de veces en que el personal asistencial de los servicios quirúrgicos trabajen juntos en casos, mayor será la probabilidad de éxito en cirugías.

Similar Task o Actividades en común no tiene en cuenta cómo los individuos trabajan juntos en los casos comunes, pero se centra en las actividades que realizan. La suposición es que las personas que hacen cosas similares tienen relaciones más fuertes que las que hace cosas completamente diferentes. Este es otro de los elementos fundamentales a tener en cuenta para la selección de un equipo quirúrgico que tenga mayor posibilidad de éxito en cirugías, ya que en la medida en que el personal de los servicios quirúrgicos realice una actividad específica, mayor será su nivel de especialización en esa actividad.

La unión de estos elementos abordados anteriormente contribuirá a una mejor selección del personal que participará en una intervención quirúrgica, apoyando de esta manera la mejora de los resultados del equipo y por consiguiente la calidad de vida del paciente.

2.4 Descripción de la propuesta de solución

Para la descripción de la propuesta de solución de la presente investigación, se definen tres fases. La primera fase aborda como se obtiene la fuente de datos que será utilizada. En la segunda fase se realiza la limpieza de las técnicas propuestas para el desarrollo de la investigación. Por último, en la tercera fase se describe como se realizó la implementación de la vista del sistema.

2.4.1 Primera Fase: Obtención fuente de datos

La vista de análisis tiene como entrada un registro de eventos que será generado por el Componente de extracción de registros de eventos para el análisis de procesos quirúrgicos, este va a contener el personal disponible para realizar la intervención quirúrgica. El registro de eventos cuenta con datos propios del negocio como el procedimiento realizado en las intervenciones quirúrgicas, la complejidad, la evaluación de la intervención, así como las personas que la realizaron y sus respectivos identificadores. Otra de las fuentes de datos es una tabla de la base de datos del módulo Bloque Quirúrgico, de donde se obtendrán las especialidades de los especialistas que realizaron la intervención, al igual que su foto.

2.4.2 Segunda Fase: Limpieza de las técnicas

La técnica *Social Network Miner* de la herramienta *ProM* cuenta con cinco técnicas implícitas. Empleando el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés) JBoss Developer Studio en su versión 8.0, se eliminaron las clases pertenecientes a las técnicas *Mine for a Handover-of-Work Social Network*, *Mine for a Reassignment Social Network* y *Mine for a Subcontracting Social Network*, dejando solamente el código de las técnicas *Mine for a Working Together Social Network (Working Together)* y *Mine for a Similar Task Social Network (Similar Task)*. Una vez obtenido el código de solamente las técnicas que serán utilizadas, se procede a realizar la limpieza de cada una de ellas con el objetivo de eliminar funcionalidades que no son necesarias.

En la vista principal de la técnica *Similar Task* en el *ProM*, se muestran una serie de algoritmos que pueden ser elegidos para que la técnica muestre los resultados, estos son los siguientes:

- Distancia Euclidiana (*Euclidean Distance*)
- Coeficiente de Correlación (*Correlation Coefficient*)
- Coeficiente de Similaridad (*Similarity Coefficient*)
- Distancia de Hamming (*Hamming Distance*)

De los algoritmos antes mencionados solo es posible elegir uno para que *Similar Task* pueda visualizar los resultados, partiendo de esto se dejó la opción por defecto Distancia Euclidiana. Para esto fue necesario prescindir de los demás algoritmos, siendo los métodos que atribuyen a estos, eliminados de la clase SNSTMiner.java.

Luego de ser modificada la clase de la técnica *Similar Task*, se procedió a realizar la misma operación, pero esta vez en la clase de la técnica *Working Together*, esta cuenta con dos algoritmos para mostrar los resultados:

- Radio de apariencia simultánea (*Simmultaneous appearance ratio*)
- Distancia considerada sin causalidad (*Consider distance without causality*)

De ambos algoritmos solo es posible seleccionar uno para que *Working Together* muestre los resultados, por tanto se decidió dejar la opción por defecto Radio de apariencia simultánea, por tanto se eliminó el método que atribuye al otro algoritmo, modificando para esto la clase SNWTMiner.java.

Luego de ser eliminadas de las clases, las funcionalidades de los algoritmos que no eran necesarias para el desarrollo de la vista de análisis, es preciso el uso de la técnica en su forma nativa, para ello se decidió no tener en cuenta opciones de visualización como:

- Tipos de diseño (Layout)
- Clasificaciones (Ranking)
- Modos del ratón (Mouse Mode)
- Red social en forma hiperbólica (Hyperbolic View)
- Grupo por racimos (Group clusters)

Después de concluir con la limpieza del plugin (complemento) *Social Network Miner*, ambas técnicas son guardadas en formato *.jar, bajo el nombre de *SocialNetwork-Personalizado* para ser utilizadas en la vista de análisis.

2.4.3 Tercera Fase: Implementación de la vista

Se desarrolló una interfaz, la cual consta de dos partes; una que le permite al usuario escoger una serie de datos útiles para el análisis que desee realizar, y otra es el área donde se muestra la red social. En la parte de los datos, se definieron varios combobox; el servicio quirúrgico donde quedará enmarcada la operación a realizar, la complejidad otorgada a la intervención, el procedimiento deseado en dependencia del servicio seleccionado y la técnica a mostrar (ver Figura 3).

Procedimiento

Servicios:

Procedimientos:

Técnicas:

Complejidad

Complejidad:

Figura 3. Interfaz que permite escoger los datos. Fuente: elaboración propia

Una vez hecha la selección, la vista hace una petición a la clase Controladora que se encuentra dentro del módulo Bloque Quirúrgico en el sistema XAVIA HIS, en donde solicita los datos a mostrar. La clase Controladora carga el registro de eventos de donde obtiene los datos descritos anteriormente, luego se conecta a la Base de Datos de donde obtiene una persona (Usuario_quirófano) y un usuario en dependencia de la persona solicitada, y por último haciendo un uso personalizado de las técnicas antes mencionadas, la misma envía los datos a mostrar a la vista, en la misma se incluye Vis.js (librería javascript descrita en el Capítulo 1, en las Herramientas y tecnologías) que se encarga de visualizar los resultados para que el usuario pueda realizar su análisis (ver Figura 4).

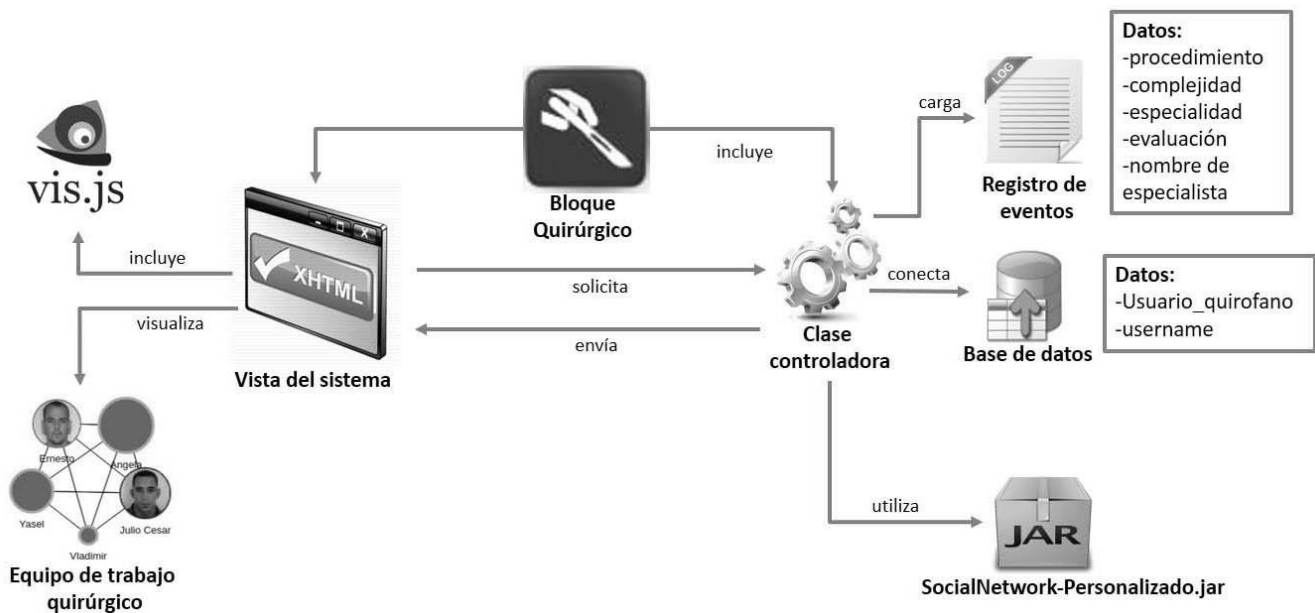


Figura 4. Modelo de la implementación de la vista. Fuente: elaboración propia

Para poder mostrar en la vista el equipo sugerido es necesario ejecutar algunas funcionalidades que se encuentran en la clase Controladora. La funcionalidad principal crea la red social en formato JSON (*Java Script Object Notation*), teniendo en cuenta el registro de eventos antes descrito en la fase de obtención de fuentes de datos, un contexto donde se guardarán todos los objetos creados por la técnica y la técnica seleccionada en la vista. Se le pasa a una funcionalidad dentro de esta que creará la red del tipo seleccionado en la vista, sea de tipo *Similar Task* (o Actividades similares como es reconocido en la vista) o *Working Together* (Operaciones en conjunto, como es reconocido en la vista).

Internamente se recorre las aristas y nodos de la red, y se guardan en Mapas con sus respectivas etiquetas, para ser pasado a la librería vis.js y pueda ser visualizado (para mejor explicación Ver Anexo 1). Existen otras funcionalidades encontradas dentro de la principal que ayudan a visualizar la red de forma esperada. Algunas de estas son:

- crear foto de usuario: Hace una petición a la Base de Datos donde obtiene el usuario de la persona mediante un identificador pasado por parámetro, para luego localizar la foto guardada en una carpeta del sistema.
- obtener el color del nodo: Mediante el identificador de la persona busca en la Base de Datos la especialidad de la persona.
- obtener la cantidad de actividades: Se le pasaría el identificador de la persona y el registro de eventos donde contaría cada vez que se repite el identificador en un evento o actividad dentro del registro pasado.

A continuación se muestra una imagen (ver Figura 5), que muestra como queda la visualización de la vista de análisis. Esta, a partir de la selección de un servicio quirúrgico, luego un procedimiento, la complejidad y por último la técnica, ejecutando todas las funcionalidades antes descritas, muestra una red social que permite hacer análisis para la selección del equipo quirúrgico que participará en la intervención (ver Figura 5).

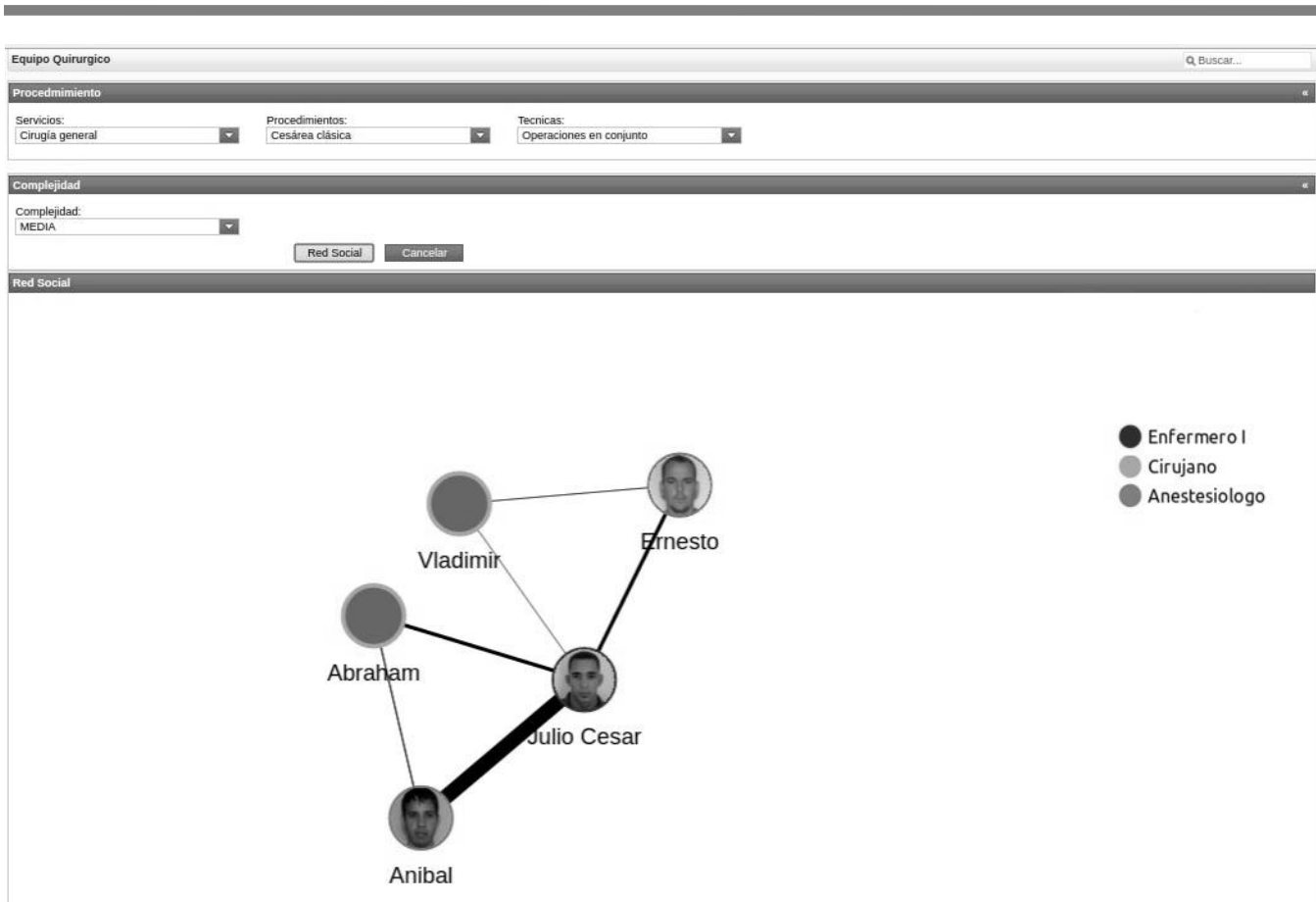


Figura 5. Vista para la selección del equipo de trabajo quirúrgico. Fuente: elaboración propia

2.5 Arquitectura de software

La arquitectura del software es el diseño de más alto nivel de la estructura de un sistema. Comprende los componentes del software, las propiedades de esos componentes visibles externamente y las relaciones entre ellos. Una arquitectura de software se selecciona y diseña con base en objetivos y restricciones. Los objetivos son aquellos prefijados para el sistema de información, pero no solamente los de tipo funcional, también otros objetivos como la mantenibilidad, flexibilidad e interacción con otros sistemas de información. Las restricciones son aquellas limitaciones derivadas de las tecnologías disponibles para implementar sistemas de información. La arquitectura de un sistema constituye un amplio marco que describe su forma y estructura, sus componentes y como estos encajan juntos (García, 2006)

La vista de análisis desarrollada se encontrará en la funcionalidad Consultar solicitudes, sección Plan quirúrgico del Módulo Bloque Quirúrgico del Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS. Cuando

se selecciona la opción Aprobar solicitud de intervención quirúrgica, se muestra una interfaz con varias pestañas, entre estas se encontrará Seleccionar equipo. Al seleccionar esta pestaña se mostrará una red social en forma de grafo que constituye el desarrollo de las técnicas antes explicadas del plugin *Social Network Miner*.

2.5.1 Patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador

La aplicación fue desarrollada según la concepción del patrón de arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC). Esta arquitectura permite intercambiar fácilmente las interfaces de usuario de los programas. Los diseños MVC están formados por capas.

El Modelo, es el que implementa la lógica del programa, la Vista, es la que implementa la interfaz que muestra los datos al usuario, mientras que el Controlador define cómo se reacciona ante la entrada del usuario (se encarga de orquestar el flujo de datos entre el Modelo y la Vista). Si no se utiliza MVC las aplicaciones suelen mezclar la lógica y presentación de la aplicación, acoplando el código y dificultando su reutilización. Este mecanismo permite enlazar varias vistas con el mismo modelo o intercambiarlas fácilmente (García, 2006).

En la aplicación, la vista la componen los ficheros con extensión XHTML y XML. El modelo está formado por las clases entidades, obtenidas a partir del mapeo objeto relacional y las clases encargadas del procesamiento de los datos, las cuales permiten dar respuesta a las peticiones que se desencadenan en la vista. El controlador lo constituye *Seam* como marco de trabajo que integra todas las tecnologías presentes en la vista y el modelo.

Para la realización de la vista se hizo uso del marco de trabajo *JavaServer Faces* que permite la construcción de interfaces de usuario del lado del servidor. El marco de trabajo simplificado de presentación *Facelets* que posibilita la definición de disposición de páginas basadas en plantillas y el marco de trabajo *Richfaces* el cual garantiza una biblioteca de componentes con capacidad AJAX para JSF. Para la integración de las tecnologías fue utilizado el marco de trabajo *Seam*. *Java Persistence API* permitió que en el modelo no se perdiera las ventajas de la Programación Orientada a Objetos al interactuar con la base de datos.

Enterprise Java Beans ofreció la posibilidad de definir un modelo para el desarrollo y distribución de componentes del lado del servidor y el uso de *Hibernate* como herramienta para el mapeo objeto-relacional contribuyó a la interacción del sistema con la base de datos. El controlador está compuesto

por clases controladoras que engloban la lógica del negocio. A estas clases se les especifica el contexto en que se encuentran usando las anotaciones del marco de trabajo de integración *Seam*.

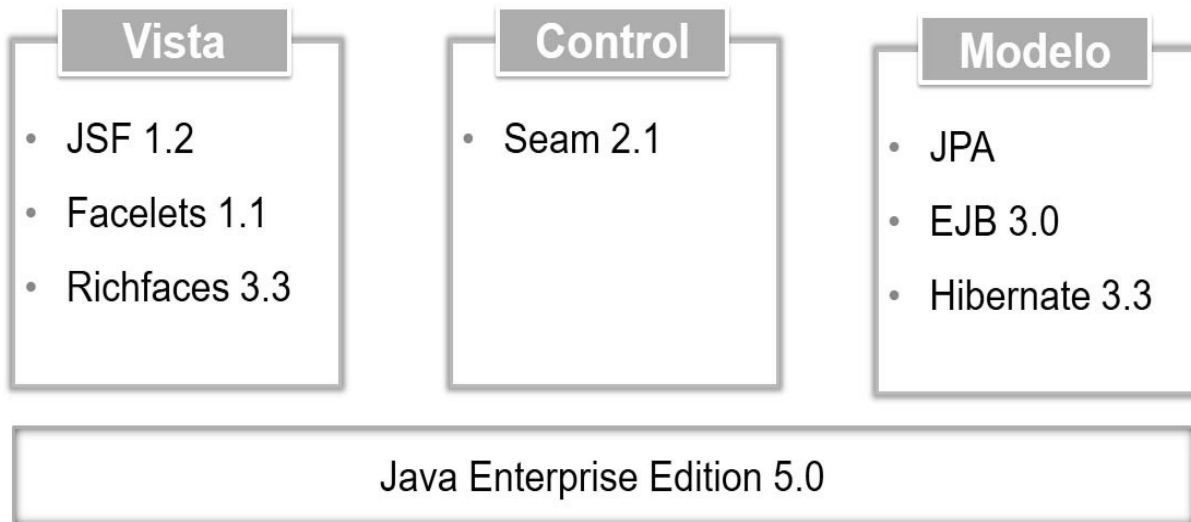


Figura 6: Representación del patrón MVC. Fuente: elaboración propia

2.6 Patrones de diseño

Los patrones de diseño son la base para la búsqueda de soluciones a problemas comunes en el desarrollo de software y otros ámbitos referentes al diseño de interacción o interfaces.

Se clasifican según el propósito para el que han sido definidos en (Fowler et al., 1999):

- Creacionales: Abstraen el proceso de creación de instancias.
- Estructurales: Se ocupan de cómo clases y objetos son utilizados para componer estructuras de mayor tamaño.
- De Comportamiento: Corresponden a los algoritmos y a la asignación de responsabilidades entre objetos.

Los patrones de diseño son independientes del lenguaje en el que se utilicen (siempre y cuando el lenguaje sea orientado a objetos). Generalmente se presentan como diagramas UML.

Los patrones GRASP (*General Responsibility Assignment Software Patterns*, por sus siglas en inglés) se encargan de realizar una descripción de los principios fundamentales de diseño de objetos para la asignación de responsabilidades. Constituyen un apoyo para la enseñanza. Ayuda a entender el diseño de objeto esencial y aplica el razonamiento para el diseño de una forma sistemática, racional y

explicable. A continuación se muestran algunos de estos tipos de patrones y en las clases donde se evidencia su utilización dentro de la vista de análisis desarrollada:

- La clase `ManejadorGrafoRedSocial.java` es la única dentro del sistema que gestiona el grafo que representa la red de interacción social de especialistas, ya que es la que implementa las funcionalidades necesarias para dicha gestión. En dicha clase se refleja la utilización del patrón Experto pues contienen toda la información necesaria para cumplir con las responsabilidades que le sean asignadas.
- En las clases `CCEvaluacionIntervencionQuirurgica.java` y `CCEvaluaciónUsuario.java` se crean las evaluaciones de las intervenciones quirúrgicas y de los especialistas. En ellas se ve reflejada la utilización del patrón Creador ya que son las mejores candidatas en el sistema para asignar la responsabilidad de crear estos tipos de objetos.
- `GenericEstadisticas.java` es un ejemplo de clase en la cual se ve reflejada la utilización del patrón Controlador. En la misma se hace uso de las anotaciones que provee *Seam* como marco de trabajo que integra todas las tecnologías. Es definida como el elemento intermedio entre una interfaz determinada y el algoritmo que la implementa. Es la que emite en respuesta a los eventos del sistema.
- La clase `TnEvaluacionList.java` es un ejemplo de clase que aplica en su implementación el patrón Bajo Acoplamiento. En ella existen pocas dependencias respecto a las demás clases. Ello es necesario para su fácil reutilización y entendimiento.
- Las clases `Intervencion_List.java` y `Evaluaciones_List.java` realizan una labor única dentro del sistema. Una lista las intervenciones quirúrgicas realizadas en el sistema y la otra las evaluaciones de intervenciones quirúrgicas realizadas. Dicha gestión en el sistema es desempeñada solamente por esas clases. En las mismas se ve presente la utilización del patrón Alta Cohesión al tener responsabilidades estrechamente relacionadas y no realizar un trabajo enorme.

2.7 Estándares de codificación

Las estrategias para estandarizar el código surgen con el objetivo de facilitar el mantenimiento del software por personas que no constituyan su autor original, así como la organización necesaria que debe tener el producto para el entendimiento entre los implementadores que desarrollan componentes modulares de un mismo sistema.

En el caso del sistema a desarrollar se utilizará el estándar de codificación definido para las aplicaciones de java. Se incluyen en el estándar el uso de las notaciones *CamellCasing*, para las variables y métodos con nombres compuestos por múltiples palabras juntas, el cual sugiere iniciar cada palabra con letra mayúscula excepto la primera palabra que debe iniciar con minúscula, y *PascalCasing* para las clases con nombres compuestos por múltiples palabras juntas, el cual sugiere iniciar cada palabra con letra mayúscula.

Se debe utilizar como idioma el español, las palabras no se acentuarán. Todos los ficheros fuentes deben comenzar con un comentario en el que se lista el nombre de la clase, información de la versión, fecha y copyright. Las líneas en blanco mejoran la facilidad de lectura separando secciones de código que están lógicamente relacionadas.

Se deben usar siempre dos líneas en blanco entre las secciones de un fichero fuente y las definiciones de clases e interfaces. Además, una línea en blanco entre métodos y las variables locales de un método y su primera sentencia. Se debe dar un espacio en blanco entre una palabra clave del lenguaje y un paréntesis. Respecto a la indentación y longitud de la línea se debe emplear cuatro espacios como unidad de indentación. La construcción exacta de la indentación (espacios en blanco contra tabuladores) no se especifica. Los tabuladores deben ser exactamente cada 8 espacios.

2.8 Tratamiento de excepciones

Las excepciones son sucesos en tiempo de ejecución que pueden hacer que una rutina fracase. Para lograr un sistema robusto y fiable es necesario prever los errores y así evitar que el programa se detenga ante el uso inadecuado del sistema. Debido a esto se propone el tratamiento de excepciones con el objetivo de restaurar un estado en que la rutina pueda continuar su ejecución y la aplicación pueda conseguir el efecto para el cual ha sido diseñada.

El tratamiento se basa principalmente en asumir el fracaso e informar a la rutina que ha llamado, cambiar el estado y reintentar. Las excepciones se declaran e implementan a partir de clases java. Existen excepciones predefinidas por el lenguaje de programación que pueden ser activadas y gestionadas por el programador y otras que son definidas por el programador para resolver situaciones específicas.

El manejo de excepciones se realiza básicamente a través del bloque de código *try*, en el que puede detectarse la excepción y cuando se genera alguna, se le pasa el control al manejador de excepciones que se encuentra en el bloque *catch* (Java Code Conventions, 2000).

En la vista de análisis para la conformación de equipos de trabajo quirúrgico el control de las excepciones se realiza principalmente en las controladoras, específicamente en los métodos donde se ejecutan sentencias que manipula la información que persiste en la base de datos, aunque también se controlan los errores que pueden surgir en la validación de algunos datos provenientes de la interfaz de usuario.

Para lograr esto en el sistema se utiliza un archivo denominado *page.xml*, que engloba la configuración de todos los mensajes que se deben mostrar por cada tipo de excepción, así como la página a la que el sistema redirecciona en caso de la aparición de un error. Para capturar los mensajes que surgen en el código de las clases controladoras se hace uso de un componente del marco de trabajo *Seam*, *FacesMessages*, el cual permite mostrar dichos mensajes directamente en la interfaz de usuario, que no sólo provienen de errores, sino también de notificaciones de interés para el usuario.

2.9 Seguridad informática

Todos los componentes de un sistema informático están expuestos a un ataque (hardware, software y datos) son los datos y la información los sujetos principales de protección de las técnicas de seguridad. La seguridad informática se dedica principalmente a proteger la confidencialidad, la integridad y disponibilidad de la información (Bradanovic, 2009).

La seguridad es un tema de gran impacto en el sistema XAVIA HIS, pues es de vital importancia el control de la información que se almacena y se visualiza para garantizar la calidad de los servicios quirúrgicos. De ahí que todo usuario que necesite utilizar alguna funcionalidad en el módulo de la vista de análisis deberá autenticarse para realizar alguna acción sobre el mismo.

Un usuario podrá tener más de un rol en el sistema de acuerdo a las acciones que realiza, al cual se le otorgan determinados permisos para el acceso a la información y cada vez que el usuario realice una acción sobre el sistema, se registrará una traza que contiene la información gestionada mediante su estancia en el módulo Bloque Quirúrgico. En la vista de análisis el Jefe del comité de evaluación y el

Jefe de servicio tienen el permiso de evaluar las intervenciones quirúrgicas y especialistas involucrados, además de seleccionar el equipo de trabajo más idóneo respectivamente.

A continuación se describen detalladamente las funcionalidades que ofrece el módulo de Configuración del Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS, el cual se encargará de garantizar la seguridad en el sistema a desarrollar:

- Iniciar/Cerrar sesión de trabajo

Cuando el usuario necesita acceder al sistema, este solicita: nombre de usuario y contraseña. El usuario introduce los datos solicitados, el sistema verifica que los datos introducidos sean válidos, si es así, el usuario accede al módulo Bloque Quirúrgico. El sistema muestra como opciones del menú las funcionalidades a las que tiene permiso de acceder el usuario en el módulo, lo que garantiza el acceso de los mismos sólo a los niveles establecidos de acuerdo a la función que realizan. El sistema permite: cerrar sesión y salir del módulo.

- Registrar trazas.

Cuando el usuario realiza una acción sobre el sistema, que puede ser: inicio o cierre de sesión, acceso al módulo, creación, modificación o eliminación de una evaluación de intervención quirúrgica o cualquier otra operación sobre el sistema, este registra una traza en la base de datos.

- Administrar seguridad.

El sistema brinda la posibilidad de asignar o denegar permiso a roles y usuarios en las funcionalidades del módulo.

- Configurar funcionalidades.

El sistema brinda la posibilidad de configurar las funcionalidades del módulo.

Conclusiones parciales

Con la descripción de los procesos para la conformación de equipos de trabajo quirúrgico se contribuyó a definir lo que se debe automatizar y cómo hacerlo. Además, la explicación detallada del funcionamiento de las técnicas utilizadas permitió constatar cómo la descripción de los mismos contribuye a tener una visión más cercana del software propuesto. La selección del patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador, sirvió como base, junto a los patrones de diseño, para la creación de una vista de análisis ajustada a las buenas prácticas de programación. Dicho patrón

arquitectónico permite una correcta integración de todas las tecnologías definidas, logrando utilizar los beneficios que ellas brindan. Se implementó una vista de análisis, integrada al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS, utilizando la técnica *Social Network Miner* de minería de procesos, que permite mejorar la selección de personal para crear nuevos equipos de trabajos quirúrgicos.

CAPÍTULO 3. Validación de la propuesta de solución y análisis de resultados

En este capítulo se aborda la validación de la propuesta de solución y el análisis de los resultados a partir de la aplicación de la vista de análisis desarrollada. Se define la estrategia de validación a emplear en la investigación. Se valida el código y las interfaces de la vista de análisis desarrollada a partir de pruebas de caja blanca y caja negra.

Asimismo, es validada la confiabilidad de los resultados mostrados a partir de su comparación con técnicas desarrolladas y validadas por la comunidad científica internacional. Se evalúa el impacto social y la factibilidad de la vista de análisis desarrollada. Por último, se analizan los resultados obtenidos a partir de su aplicación en el módulo Bloque Quirúrgico del Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS.

3.1 Estrategia de validación

Para el proceso de validación de la propuesta de solución se plantea ejecutar pruebas de software a la vista de análisis desarrollada para descubrir y corregir la mayor cantidad de errores antes de ser entregada. Las pruebas de software son una tarea en la cual un sistema es ejecutado bajo unas condiciones o requerimientos especificados, los resultados son observados y registrados, y se confecciona una evaluación de algún aspecto del sistema o componente. Estas 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.

Las pruebas caracterizan el control que se enmarca en comprobar el correcto funcionamiento y las posibles respuestas que el producto despliega antes posibles situaciones. Son básicamente un conjunto de actividades dentro del desarrollo de software, dependiendo del tipo, estas actividades podrán ser implementadas en cualquier momento de dicho proceso de desarrollo.

Los métodos de prueba escogidos para realizarle la validación a la vista de análisis desarrollada, son las pruebas de caja negra, o como son conocidas también pruebas de comportamiento, y el método de caja blanca.

Además, para comprobar la efectividad de la propuesta de solución se realizará una comparación entre los modelos generados por la herramienta ProM, con la vista de análisis integrada al sistema XAVIA HIS. Esto es necesario para comprobar que ambos sistemas muestren un resultado similar a

pesar de las personalizaciones realizadas, partiendo de que la herramienta ProM y todas sus técnicas integradas, han sido validadas por personal experto en el área de la minería de procesos.

3.2 Pruebas de caja negra

Las pruebas de caja negra se refieren a las pruebas que se llevan a cabo sobre la interfaz del software, por lo que 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 una salida correcta, así como que la integridad de la información externa se mantiene. Esta prueba examina algunos aspectos del modelo fundamentalmente del sistema sin tener mucho en cuenta la estructura interna del software (Alonso et al., 2005).

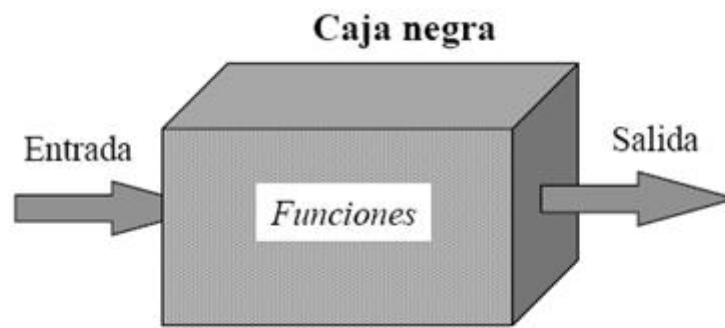


Figura 7: Pruebas de caja negra. Fuente: (Alonso et al., 2005).

Para desarrollar la prueba de caja negra existen varias técnicas, entre ellas están:

- Técnica de la Partición de Equivalencia: esta técnica divide el campo de entrada en clases de datos que tienden a ejercitar determinadas funciones del software.
- Técnica del Análisis de Valores Límites: esta Técnica prueba la habilidad del programa para manejar datos que se encuentran en los límites aceptables.
- Técnica de Grafos de Causa-Efecto: es una técnica que permite al encargado de la prueba validar complejos conjuntos de acciones y condiciones.

De las técnicas antes mencionadas se seleccionó la de partición de equivalencia la cual permite examinar los valores válidos e inválidos de las entradas existentes en el software. Para la aplicación de esta técnica se realizan los diseños de casos de prueba los cuales se basan en una evaluación de las clases de equivalencia para una condición de entrada.

A continuación, se muestra la prueba realizada al sistema:

CAPÍTULO 3. Validación de la propuesta de solución y análisis de resultados

Descripción general: Inicia cuando el Jefe de servicio decide seleccionar un equipo de trabajo quirúrgico para realizar una cirugía.

Condiciones de ejecución: El sistema XAVIA HIS debe estar ejecutándose correctamente.

Caso de prueba: Visualizar equipo de trabajo sugerido.

Tabla 4: Caso de prueba Visualizar equipo de trabajo sugerido. Fuente: elaboración propia.

Escenario	Descripción	Servicio	Procedimiento	Técnica	Complejidad	Respuesta del sistema	Flujo central
EC 1.1 Mostrar red social con el personal de los servicios quirúrgicos.	Debe mostrar una red social con el equipo de trabajo.	V	V	V	V	Muestra una red social con el equipo de trabajo sugerido por el sistema.	1. Seleccionar la opción "Bloque Quirúrgico" 2. Seleccionar la opción "Plan Quirúrgico" 3. Seleccionar la opción "Equipo de trabajo" 4. Seleccionar los datos 5. Pulsar el botón "Red Social"
		Cirugía general	Cesárea clásica	Operaciones en conjunto	Media		
EC 1.2 Servicio sin datos seleccionados	Debe mostrar una red social con todo el personal de los servicios quirúrgicos.	I	V	V	V	Muestra una red social con el personal de los servicios quirúrgicos en general.	1. Seleccionar la opción "Bloque Quirúrgico" 2. Seleccionar la opción "Plan Quirúrgico" 3. Seleccionar la opción "Equipo de trabajo" 4. Seleccionar los datos 5. Pulsar el botón "Red Social"
EC 1.3	Debe	V	I	V	V	Muestra	1. Seleccionar

CAPÍTULO 3. Validación de la propuesta de solución y análisis de resultados

Procedimiento sin datos seleccionados	mostrar una red social con todo el personal del servicio quirúrgico en general, pero sin tener en cuenta el procedimiento.	Cirugía general		Operaciones en conjunto	Media	una red social con el personal del servicio quirúrgico seleccionado.	la opción "Bloque Quirúrgico" 2. Seleccionar la opción "Plan Quirúrgico" 3. Seleccionar la opción "Equipo de trabajo" 4. Seleccionar los datos 5. Pulsar el botón "Red Social"
EC 1.4 Técnica sin datos seleccionados	Debe señalar en color rojo el campo de selección de la técnica, en señal de que existe un error.	V	V	I	V	Señala en color rojo el campo de selección de la técnica.	1. Seleccionar la opción "Bloque Quirúrgico" 2. Seleccionar la opción "Plan Quirúrgico" 3. Seleccionar la opción "Equipo de trabajo" 4. Seleccionar los datos 5. Pulsar el botón "Red Social"
		Cirugía general	Cesárea clásica		Media		
EC 1.5 Complejidad sin datos seleccionados	Debe mostrar una red social con el personal para la selección del equipo de trabajo quirúrgico pero sin tener en cuenta la complejidad.	V	V	V	I	Muestra una red social con el equipo de trabajo sugerido por el sistema, pero sin tener en cuenta la complejidad de la operación.	1. Seleccionar la opción "Bloque Quirúrgico" 2. Seleccionar la opción "Plan Quirúrgico" 3. Seleccionar la opción "Equipo de trabajo" 4. Seleccionar los datos 5. Pulsar el botón "Red Social"
		Cirugía general	Cesárea clásica	Operaciones en conjunto			

Tabla 5: Descripción de las variables. Fuente: elaboración propia.

No	Nombre del campo	Clasificación	Valor nulo	Descripción
----	------------------	---------------	------------	-------------

CAPÍTULO 3. Validación de la propuesta de solución y análisis de resultados

1	Procedimiento quirúrgico	Campo de selección	No	Valores predeterminados. Se muestran todos los valores de los procedimientos que contiene el sistema
2	Complejidad de la operación	Campo de selección	No	Valores predeterminados: <ul style="list-style-type: none"> • Alta • Media • Baja
3	Técnica	Campo de selección	No	Valores predeterminados: Operaciones en conjunto Actividades similares
4	Complejidad de la operación	Campo de selección	No	Valores predeterminados: Alta Media Baja

Se realizaron dos iteraciones de pruebas en las cuales se encontraron una serie de inconformidades que fueron corregidas. En la primera iteración surgieron circunstancias adversas en las repuestas que el sistema debía arrojar ante situaciones de fallo, corrigiéndose con las diversas implementaciones para informar de lo sucedido a cualquier administrador o personal que utilice en el futuro la vista de análisis.

En la segunda iteración se comprobó que todos los problemas antes descritos se habían solucionados y se mostró que eran satisfactorios los resultados ante diversas pruebas, por lo que se decidió no realizar otra iteración y solo mejorar la respuesta del sistema ante posibles combinaciones de entradas erróneas. La acción realizada demuestra la viabilidad y el correcto funcionamiento de la vista de análisis, probándose con el método de la caja negra que se cumplió el objetivo de las pruebas funcionales.

3.3 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 (Alonso, et al., 2005). 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.

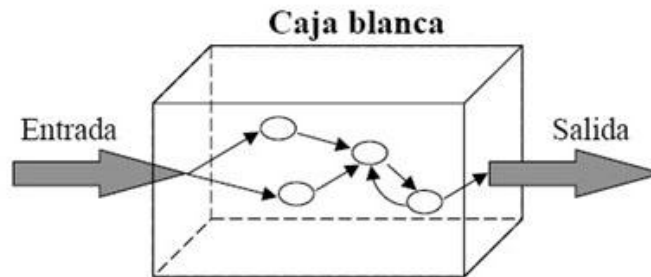


Figura 8: Pruebas de caja blanca. Fuente: (Alonso et al., 2005).

A continuación, se muestra un fragmento de código perteneciente al método `Grafo` el cual pertenece a la clase `Controladora` (ver Figura 9):

```
public void redSocial()
{
    getUsuarios(this.getProcedimientoSeleccionado(),this.getComplejidadSeleccionado());
    String[] colors = new String[]{colorEnfermeroI,colorAyudante, colorAnestesiologo,colorCirujano};
    XesXmlParser xParser = new XesXmlParser();
    XLog xLog;

    xLog = xParser.parse(new File(xesPath)).get(0);

    GlobalContext newcontext = new CLIContext();
    CLIPluginContext contexto = new CLIPluginContext(newcontext, null);
    SocialNetwork red = GetRed(contexto,xLog,this.getTecnicaSeleccionada());
    int edges=red.getEdges().size();
    SNEdge [] aristas=new SNEdge[edges];
    red.getEdges().toArray(aristas);
    pesos = new double[edges];
    List<Object> AristasJson = new ArrayList<Object>();
    Random random = new Random();
    int k=0;

    for (SNEdge SNEgde : red.getEdges())
    {
        SNNode source = SNEgde.getSource();
        SNNode target = SNEgde.getTarget();

        if(existeNodo(source.getIdentifier()) && existeNodo(target.getIdentifier()))
        {
            String[] split = aristas[k].toString().split(":");
            Map<String, Object> Arista = new HashMap<String, Object>();

            Arista.put("from", source.getIdentifier());
            Arista.put("to", target.getIdentifier());
            Arista.put("title", random.nextInt(101)+"%");
            if(this.getTecnicaSeleccionada().equals(WORKINGTO))
                Arista.put("width", CalculaPeso(split[1]));

            AristasJson.add(Arista);

            k++;
        }
    }

    Mapjson.put("aristas", AristasJson);

    JSONObject ObjJson = new JSONObject(Mapjson);
    json = ObjJson.toString();
}
}
```

Figura 9. Código fuente del método `Grafo`. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 3. Validación de la propuesta de solución y análisis de resultados

Luego de tener el código al que se le aplicará las pruebas de caja blanca, se debe proceder a la elaboración del grafo de flujo. A continuación, se muestra el grafo de flujo asociado al fragmento de código (ver Figura 10):

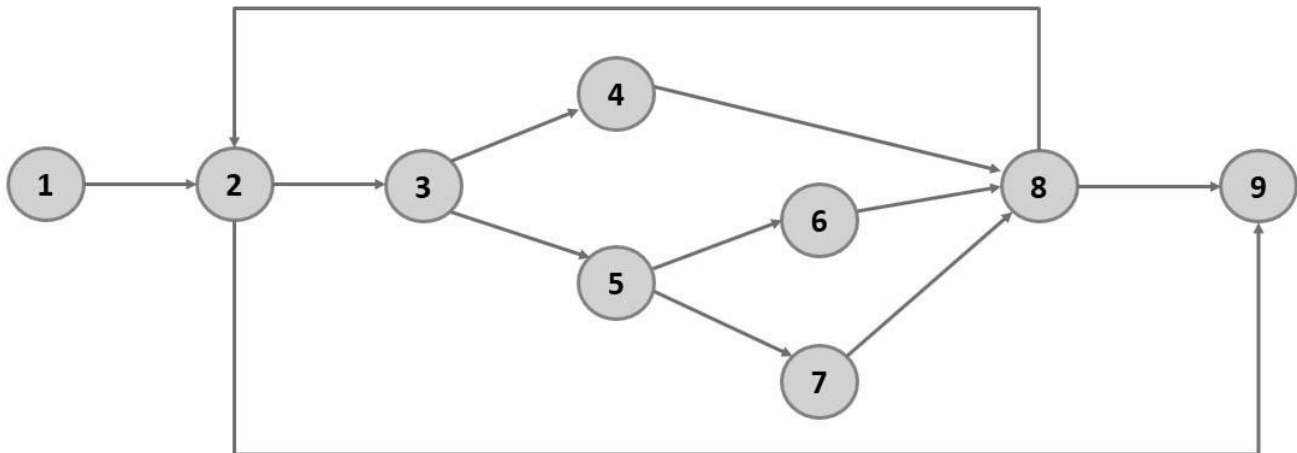


Figura 10. Grafo de flujo asociado al fragmento de código. Fuente: elaboración propia.

Luego de obtener el grafo de flujo asociado al fragmento de código mostrado anteriormente se procede a determinar la complejidad ciclomática, esta 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 del conjunto básico de un programa y propone un límite superior para el número de pruebas que se deben realizar para asegurar que se ejecute cada sentencia al menos una vez.

Para calcular la complejidad ciclomática fueron utilizadas estas dos formas para lograr una amplia verificación de los resultados. Las fórmulas para realizar dicho cálculo son:

1.) $V(G) = (A - N) + 2$

$$V(G) = (11 - 9) + 2$$

$$V(G) = 4$$

Donde A representa las aristas del grafo y N representa el total de nodos.

2.) $V(G) = R$

$$V(G) = 4$$

Donde R representa las regiones del grafo.

CAPÍTULO 3. Validación de la propuesta de solución y análisis de resultados

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 4, determinándose a su vez que existen cuatro caminos posibles por donde puede circular el flujo y que esta misma cantidad representa el límite superior de casos de prueba que se le pueden aplicar a dicho código.

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

Camino básico # 1: 1 – 2 – 3 – 4 – 8 – 9

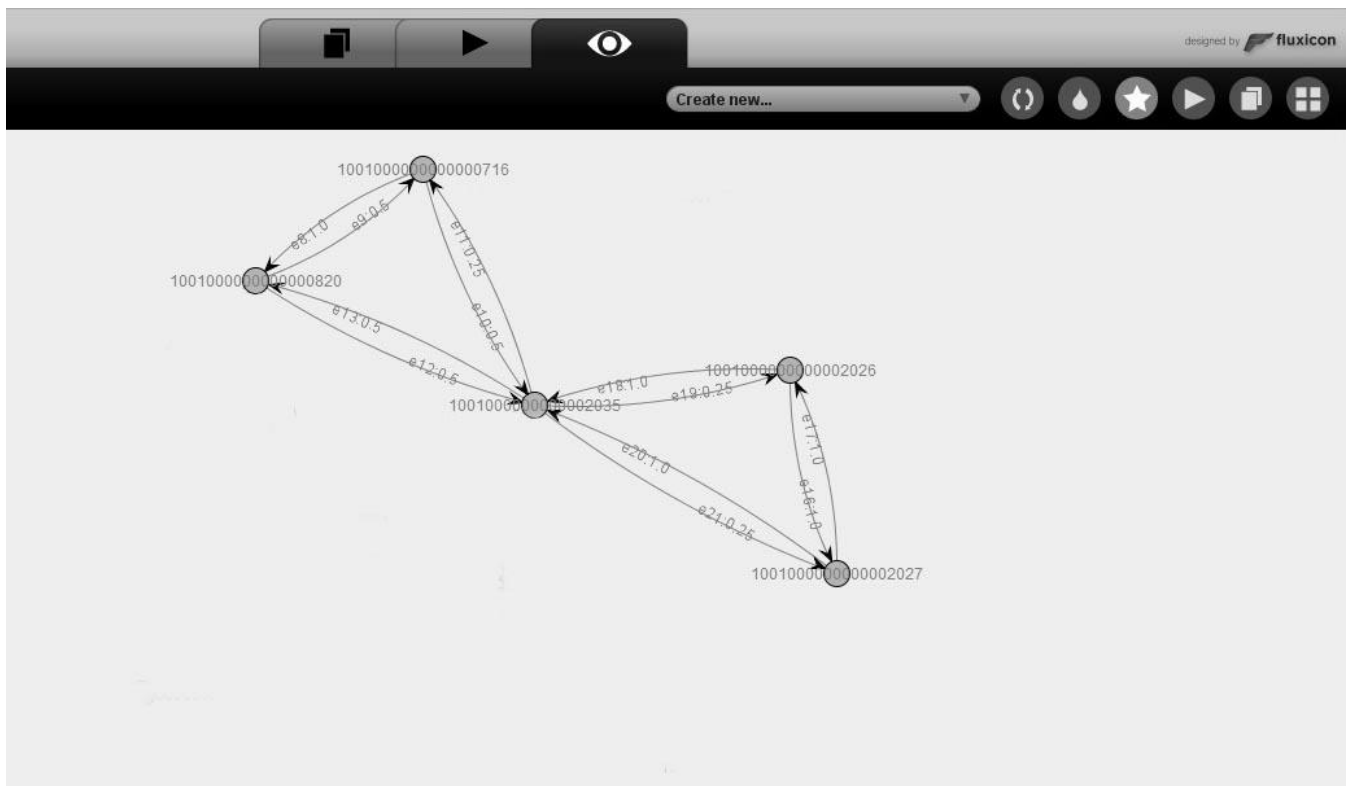
Camino básico # 2: 1 – 2 – 3 – 5 – 6 – 8 – 9

Camino básico # 3: 1 – 2 – 3 – 5 – 7 – 8 – 9

Camino básico # 4: 1 – 2 – 9

3.4 Comparación entre sistemas

Para realizar la comparación entre los sistemas, primeramente, se seleccionó el registro de eventos a utilizar. Luego se selecciona la técnica *Working Together* en la herramienta *ProM* y se carga el registro de eventos. Como resultado se muestra un modelo con las relaciones entre los recursos contenidos en este (ver Figura 10).



CAPÍTULO 3. Validación de la propuesta de solución y análisis de resultados

Figura 10: Modelo obtenido por la herramienta *ProM*. Fuente: *ProM*.

Partiendo de la visualización mostrada por *ProM* se procede a realizar la misma operación, pero en este caso a la vista de análisis en el XAVIA HIS. Se utiliza el mismo registro de eventos utilizado para mostrar los resultados en la herramienta *ProM* y se selecciona la técnica *Working Together*, en la Figura 11 se muestran los resultados obtenidos.

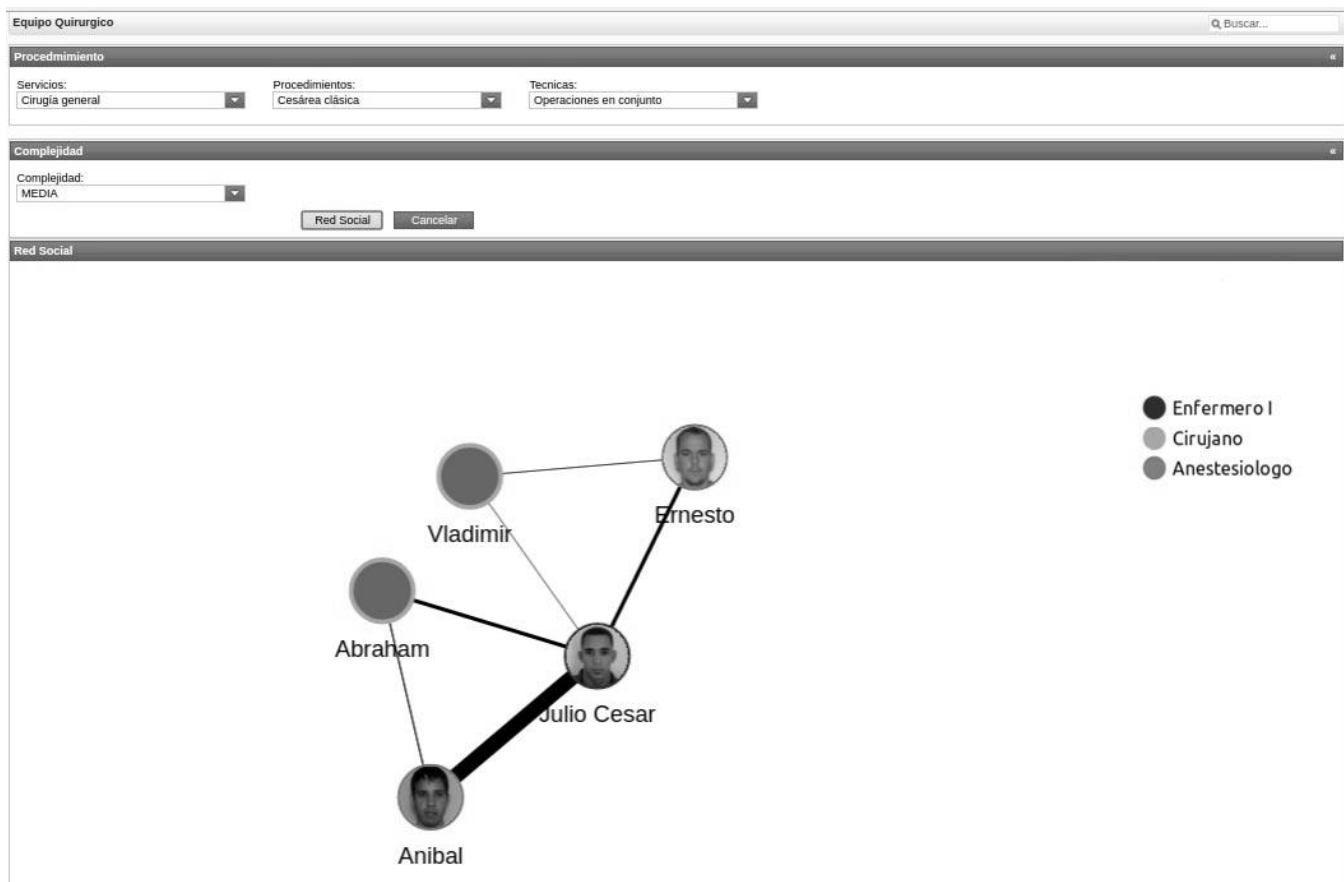


Figura 11: Modelo mostrado por la vista de análisis en el sistema XAVIA HIS. Fuente: elaboración propia.

Los resultados de ambas visualizaciones evidencian que de cierta manera existe una similitud entre los resultados, la cantidad de nodos y aristas coinciden en ambos casos. La vista de análisis demuestra una mejor organización de los resultados, esta muestra el nombre de los que especialistas (ver Figura 11), en lugar de mostrar el id (ver Figura 10), además cada nodo contiene una foto de la persona, por último también se observa que las aristas varían de tamaño en dependencia de las relaciones que existen entre las personas que interactúan. Por tanto, la vista integrada demuestra que puede ser utilizada por personal clínico administrativo de manera intuitiva.

3.5 Análisis de resultados

La vista de análisis, una vez integrada al sistema XAVIA HIS, posibilita realizar análisis de comportamientos o tendencias respecto a los especialistas que realizan operaciones en común a partir de los procedimientos quirúrgicos definidos y las complejidades de las intervenciones quirúrgicas. Asimismo, permite establecer y dar seguimiento a aquellos especialistas que aun cuando no realicen operaciones entre ellos, si hagan actividades similares. Todo ello es tenido en cuenta para seleccionar nuevos equipos de trabajo quirúrgico que contribuyan a una mejor toma de decisiones y bienestar para el paciente.

Entre los análisis que realiza la vista desarrollada están:

- Especialistas que constituyen nodos islas, al no tener un buen desempeño, por lo cual nunca o rara vez se encuentra vinculado realmente a uno o varios especialistas, por lo que el lazo o vínculo cada vez es menor. Ello siempre lleva a un análisis administrativo, debido a que pueden estar influyendo también malas relaciones interpersonales o poca capacidad para trabajar en equipo.
- Especialistas con alto desempeño, evidenciado en el tamaño del nodo. La métrica de relaciones basada en actividades en común entre dos o más especialistas influye también en el tamaño del nodo debido a que es más grande de acuerdo al grado de similitud que haya entre los especialistas.
- Especialistas que operando juntos tienen altos porcentos de efectividad. La métrica de relaciones basadas en casos en común entre dos o más especialistas influye también en el grosor de la arista debido a que es más gruesa en función del número de operaciones que comparten y el porcentaje de efectividad con relación al número de operaciones intervenidas.
- Especialista más importante o seguido en el servicio quirúrgico. La unión de las métricas relaciones basadas en casos y actividades en común permite identificar cuál es el especialista al que todos los especialistas siguen, sea por desempeño demostrado o por su participación en un gran número de procedimientos quirúrgicos con una buena evaluación.

3.6 Análisis del impacto social y factibilidad económica de la propuesta de solución

La correcta aplicación de la vista de análisis desarrollada tiene un impacto positivo en el cumplimiento de las políticas establecidas por el país. Realizando un análisis de los lineamientos de la política económica y social, se destaca el impacto de la propuesta en los siguientes lineamientos:

CAPÍTULO 3. Validación de la propuesta de solución y análisis de resultados

- número 131: “Sostener y desarrollar los resultados alcanzados en el campo de la biotecnología, la producción médico-farmacéutica, la industria del software y el proceso de informatización de la sociedad, ..., la producción de equipos de tecnología avanzada, la nanotecnología y los servicios científicos y tecnológicos de alto valor agregado”.
- número 145: “... Lograr una mejor utilización y aprovechamiento de la fuerza de trabajo y de las capacidades existentes.”

La vista de análisis posibilita gestionar mejor las personas según sus capacidades profesionales, en función de seleccionar equipos de trabajo integrados que posibiliten una atención médica de calidad al paciente.

El aporte fundamental desde el punto de vista económico, para aquellos centros de salud que implementen la propuesta, está dado en el ahorro de tiempo y recursos, tanto humanos como materiales, en la gestión de información relacionada con el personal asistencial, sus habilidades técnicas y no técnicas y el desempeño profesional demostrado, que posibilite seleccionar mejor los equipos de trabajo, en función de elevar la efectividad en la toma de decisiones.

La información que brinda la vista de análisis, aplicando técnicas de análisis de redes sociales, contribuye a una selección más eficiente de los equipos de trabajo quirúrgico que permita apoyar la toma de decisiones, aportando además un gran valor agregado.

Conclusiones parciales

Se realizaron las pruebas de caja blanca y caja negra, las cuales permitieron validar el correcto funcionamiento de la vista de análisis desarrollada, desde la interfaz de usuario y el código. El análisis de los resultados obtenidos con la aplicación de la vista de análisis desarrollada, permiten constatar su aplicabilidad para la selección de equipos de trabajo quirúrgico que apoyen la toma de decisiones clínico-administrativas y favorezcan un mayor bienestar al paciente quirúrgico. En el análisis del impacto social y factibilidad económica de la propuesta de solución se evidencia el impacto positivo que tiene dicho desarrollo en el cumplimiento de las políticas establecidas por el país, así como en su capacidad para poder gestionar mejor las personas según sus capacidades profesionales, en función de seleccionar equipos de trabajo integrados que posibiliten una atención médica de calidad al paciente.

Conclusiones

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

- El análisis de los sistemas informáticos existentes a nivel nacional e internacional para la selección de equipos de trabajo, 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 selección de equipos de trabajo quirúrgico en instituciones hospitalarias, constituyó la base teórica para el correcto desarrollo de la vista de análisis para la selección de equipos de trabajo quirúrgico.
- El análisis del funcionamiento de la técnica *Social Network Miner*, permitió determinar cómo se ejecutan los casos y las actividades en común entre los especialistas de un servicio quirúrgico, 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 para la selección de equipos de trabajo quirúrgico.
- El desarrollo de la vista de análisis integrada al módulo Bloque Quirúrgico del sistema XAVIA HIS, permitió mejorar la selección de personal para crear nuevos equipos de trabajos quirúrgicos, lo cual contribuye a una atención de mayor calidad al paciente.
- Las pruebas de software desarrolladas permitieron validar el correcto funcionamiento de la vista de análisis para la selección de equipos de trabajo quirúrgico.

Recomendaciones

Con el fin de contribuir a un mayor desarrollo de la presente investigación y del Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS se proponen las siguientes recomendaciones:

- Analizar la variable experticia de los especialistas para la construcción de una red social y la conformación más efectiva de equipos de trabajo quirúrgico, diferenciando sus evaluaciones en función de su desempeño profesional durante las intervenciones quirúrgicas realizadas, a partir de la curva de aprendizaje demostrada.
- Integrar a la propuesta de solución, un componente para la inferencia de redes de interacción social entre los especialistas disponibles en un servicio quirúrgico, a partir de los rasgos psicológicos de los mismos, que posibilite la conformación integral de un equipo de trabajo quirúrgico.
- Mostrar en lugar de una red social por cada técnica, solo una red social que incluya la aplicación de ambas técnicas tratadas.

Referencias bibliográficas

- (Aguirre-Leonidas, 2011) Aguirre-Leonidas, Julio. Introducción al análisis de redes sociales. Documentos de Trabajo del Centro Interdisciplinario para el Estudio de Políticas Públicas, 2011, vol. 82, p. 1-59.
- (Alonso et al., 2005) Alonso, F.; Martínez, L.; Segovia, J. Introducción a la ingeniería del software: Modelos de desarrollo de programas. España. 2005.
- (Anaya et al., 2011) Anaya, Roberto; Medina Portillo, Juan Bernando; Pérez Navarro, José Víctor. Comunicación en el equipo quirúrgico y seguridad. Cirujano general, 2011, vol. 33, p. 96-98.
- (API, 2013) API. JAVA J2EE. JPA. [En línea]. 2013. [Citado el: 20 de enero de 2016]. Disponible en: <http://luchorondon.blogspot.com/2009/04/jpa-java-persistence-api.html>.
- (Audalia Lumesse, 2007) Audalia Lumesse. [En línea]. 2007. [Citado el: 15 de febrero de 2016]. Disponible en: http://www.equipostrytalento.com/rrhh/consultoras_recursos_humanos/audalia-lumesse
- (Bradanic, 2009) Bradanic. Conceptos Básicos de Seguridad Informática. [En línea]. 2009. [Citado el: 7 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.bradanic.cl/pcasual/ayuda3.html>
- (Becerril, 2007) Becerril, F. Java a su alcance. Madrid. 2007. ISBN 970-10-1774-9.
- (Cassinello, 2014) Cassinello, F. La importancia del trabajo en equipo en las salas de cirugía. Madrid, España : s.n., 2014.
- (Cook et al., 2006) Cook, D.; Holder, L (ed). Mining graph data. John Wiley & Sons, 2006.
- (Castillo-Lamas et al., 2009) Castillo-Lamas, L., et al. Auditoria médica al comité de evaluación de intervenciones quirúrgicas. Revista Médica Electrónica, 2009, vol. 31, no 1, p. 0-0.
- (Chambers et al., 2012) Chambers, Duncan, et al. Social network analysis in healthcare settings: a systematic scoping review. PloS one, 2012
- (Desikan et al., 2013) Desikan, P. et al. Using social network analysis to identify key players within clinical teams for improving pain management. En Healthcare Informatics (ICHI), 2013 IEEE International Conference on. IEEE, 2013.
- (Dios-Rubio et al., 2010) Dios-Rubio, M. A.; Framiñán-Torres, J. M.; Domínguez-Cañizares, R; León-Blanco, J. M.. Modelado y análisis de un proceso quirúrgico mediante técnicas de minería de

- procesos. Cuarta Conferencia Internacional de Ingeniería Industrial y Gestión Industrial. XIV Congreso de Ingeniería de Organización, Donostia- San Sebastián, 2010.
- (Eguíluz-Pérez, 2007) Eguíluz-Pérez, J. Introducción a XHTML. Madrid. 2007.
- (Espinoza, 2013) Espinoza, R. El impacto de las habilidades no-técnicas sobre el rendimiento técnico en cirugía. *Revista chilena de cirugía*, 2013, 65(2), 195-195.
- (Fowler et al., 1999) Fowler, M.; Scott, K. UML gota a gota. Pearson Educación, 1999.
- (Freeman et al., 1993) Freeman, J.A.; Skapura, D.M. Redes Neuronales. Algoritmos, aplicaciones y técnicas de propagación. México: s.n., 1993.
- (Forrellat, 2014) Forrellat Barrios, M. Calidad en los servicios de salud: un reto ineludible. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 2014, 30(2), 179-183.
- (García, 2006) García, J. Aprendizaje de técnicas avanzadas de Programación Orientada a Objetos mediante programación de juegos. *Actas de las XII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2006)*, 2006, p. 387-394.
- (García, 2014) García, E. Opciones quirúrgicas en el cáncer de recto del tercio distal localmente avanzado. Necesidad de una superespecialización. *Introducción. Cirugía Española*. 2014.
- (Haux et al., 2013) Haux, R., Winter, A., Ammenwerth, E., & Brigl, B. *Strategic information management in hospitals: an introduction to hospital information systems*. Springer Science & Business Media. 2013
- (Hibernate, 2016) Hibernate. [En línea]. 2016 [Citado el: 15 de enero de 2016]. Disponible en: <https://www.hibernate.org>
- (Hull et al., 2015) Hull, Louise; Sevdalis, Nick. El trabajo en equipo y la seguridad en cirugía. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 2015, vol. 43, no 1, p. 3-6.
- (Huma Nex, 2008) Huma Nex - software para la gestión de procesos de selección y ofertas. [En línea]. 2008. [Citado el: 15 de febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.softwareseleccion.com/huma+nex-p-2555>
- (Java Code Conventions, 2000) Java Code Conventions. [En línea]. 2000. [Citado el: 7 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.literateprogramming.com/javaconv.pdf>
- (Jboss, 2016) Jboss. [En línea]. 2016. [Citado el: 15 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.jboss.com>

- (JSF, 2012) JSF. Java Server Faces. [En línea]. 2012. [Citado el: 20 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/2380.php>.
- (Juntao, 2007) Juntao, Y. Jboss Seam Simplicity and Power Beyond Java EE. 2007. ISBN 0-13-134796-9.
- (Liu, 2011) Liu, X. 2011. Java.net. Developing applications with Facelets, JSF and JS. [En línea]. 2011. [Citado el: 20 de enero de 2016]. Disponible en: <http://today.java.net/pub/a/today/2006/08/29/developing-with-facelets-jsf-jsp.html>.
- (Lockhart, 1996) Lockhart, T. Equipo de desarrollo del PostgreSQL. Manual de usuario de PostgreSQL. Marca registrada © 1996-9 por el Postgres Global Development Group.
- (Lucifer, 2014) Lucifer, P. 2014. Searchsoa. Java Runtime Environment - JRE. [En línea]. 2014. [Citado el: 20 de enero de 2016]. Disponible en: <http://searchsoa.techtarget.com/definition/Java-Runtime-Environment>.
- (Luke et al., 2007) Luke, D. et al. Network analysis in public health: history, methods, and applications. *Annu. Rev. Public Health*, 2007.
- (Lybeshari, 2012) Lybeshari, E. Process mining in Intensive Care Unit Data. Master Thesis. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. 2012.
- (Mans, 2011) Mans, R. Workflow Support for the Healthcare Domain. 2011.
- (Mans et al., 2013) Mans, R. S., et al. Process mining in healthcare: Data challenges when answering frequently posed questions. In *Process Support and Knowledge Representation in Health Care*. 2013.
- (Match et al., 2001) Match, D.; Ruiz, C.; Basualdo, M. 2001. *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Rosario : s.n., 2001.
- (Mato-García, 1999) Mato-García, R. *Diseño de base de datos*, 1999.
- (Meltzer et al., 2010) Meltzer, D. et al. Exploring the use of social network methods in designing healthcare quality improvement teams. *Social science & medicine*, 2010.
- (Navarro et al., 2007) Navarro Sánchez, Luis A., Salazar Fernández, Juan P. *Análisis de redes sociales aplicado a redes de investigación en ciencia y tecnología*. 2007. Vol. 3.
- (Navarro et al., 2011) Navarro, L.; Salazar, J. *Análisis de redes sociales aplicado a redes de investigación en ciencia y tecnología*. Valdivia, Chile : s.n., 2011.

- (Olivares-Mejía, 2010) Olivares-Mejía, C. P. Análisis de Redes Sociales a Gran Escala, 2010, p.11-12.
- (Orellana-García et al., 2014) Orellana-García, A.; Sánchez, Y. Minería de procesos en salud. Caso de Estudio: modelado de los procesos del área de Emergencia (LACCEI'2014). 2014.
- (Ramírez-Pérez et al., 2015) Ramírez Pérez, J. F. et al. Propuesta para la selección eficiente de equipos de trabajo quirúrgico en un Sistema de Información Hospitalaria aplicando minería de redes sociales. La Habana: s.n., 2015.
- (Red Hat, 2007) Red Hat. RichFaces Developer Guide. 2007
- (Romero et al., 2011) Romero, Ignacio Rendón, et al. Trabajo en equipo. 2013
- (Rydahl, 2014) Rydahl, Max. Red Hat JBoss Developer Studio. [En línea]. 2014. [Citado el: 25 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.jboss.org/products/devstudio/overview/>.
- (Rumbaugh et al., 2007) Rumbaugh, J.; Jacobson, I.; Booch. G. 2007. El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia. Pearson Education. 2007.
- (Sánchez et al., 2005) Sánchez, J. M. et al. Influencia de la superespecialización en cirugía endocrina en los resultados de la tiroidectomía en un servicio de cirugía general. en los resultados de la tiroidectomía en un servicio de cirugía general. 2005.
- (Sánchez et al., 2013) Sánchez, C., Rodríguez, S., Cruz, D., Domínguez, L. C., Vega, V. Caracterización de los patrones de comunicación en salas de cirugía, durante procedimientos en un hospital de tercer nivel. Revista Colombiana de Cirugía. Tesis Doctoral, 2013.
- (Software Hunter HRMS, 2005) Software Hunter HRMS. [En línea]. 2005. [Citado el: 15 de febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.niloosoft-la.com/software-de-reclutamiento-hunter-hrms-professional.html>
- (Van der Aalst et al., 2005) Van der Aalst, W.; Reijers, A.; Song, M. Discovering social networks from event logs. Computer Supported Cooperative Work (CSCW), 2005, vol. 14, no 6, p. 549-593.
- (Van der Aalst et al., 2011) Van der Aalst, W., et al. 2011. Manifiesto de Minería de Procesos. 2011.
- (Van Doremalen, 2012) Van Doremalen, B. Process Mining in Healthcare Systems: An Evaluation and Refinement of a Methodology. Netherlands: Eindhoven University of Technology. 2012.
- (Vega-Rodríguez et al., 2011) Vega-Rodríguez, Y; Pelegrín-Nicot, Y. Componente web para el módulo Salud Materno-Infantil del Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud. La Habana. 2011.

- (Verdegay, 2005) Verdegay, J.L. De los conjuntos fuzzy a la soft computing. Vol. 24. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela : s.n., 2005.
- (Villodre et al., 2012) Villodre, C., et al. Evaluación del riesgo quirúrgico de 1.000 episodios consecutivos con el sistema POSSUM. Comparación entre cirugía gastrointestinal programada y urgente. Cirugía española, 2012, vol. 90, no 1, p. 24-32.
- (Wang et al., 2014) Wang, Fei, et al. Application of network analysis on healthcare. En Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), 2014 IEEE/ACM. IEEE, 2014.
- (Webster, 2011) Webster. From Process Mining to Process Improvement to Process Usability. Trabajo presentado en EHR Workflow Inc. 2011.
- .

Anexo 1. Técnicas *Mine for a SimilarTask and WorkingTogether Social Network*.

Los principales parámetros de configuración son:

1. Considerar o no múltiples transferencias dentro de una instancia (permite la definición de múltiples transferencias hacia una persona dentro de una misma instancia de procesos) dentro de la técnica *SimilarTask*.
2. Considerar o no relación de aparición simultánea (permite la mejor identificación de la relación entre originadores que aparecen en los mismos eventos) dentro de la técnica *WorkingTogether*.

Dichos parámetros fueron configurados de tal manera que las técnicas solo tendrán en cuenta múltiples transferencias y la relación de aparición simultánea, manteniendo por defecto las opciones deseadas.

Principal parámetro para la construcción de la red social es:

3. matriz de conexiones: Es representado por *matrix*, dentro de la misma se encuentran los originadores de eventos que están conectados, es decir, que aparecen en el mismo evento, donde la técnica pasa a calcularle a cada uno de los originadores su relación en dependencia del algoritmo seleccionado, siendo por defecto distancia euclidiana, que se mueve por columnas multiplicando la diferencia entre las filas y añadiendo el valor hallado a la fila anterior.

El pseudocódigo de los algoritmos que componen la técnica se muestra en el Anexo 2.

Anexo 2. Pseudocódigos de los algoritmos de las técnicas

<p>Procedimiento: cálculo de tareas similares con distancia euclidiana</p> <p>Entradas: registro de eventos y matriz de tareas</p> <p>Salidas: matriz euclidiana</p> <p>Descripción: algoritmo encargado de determinar las relaciones de tareas similares entre las personas que intervienen en un evento, bajo el principio de centrarse en las actividades que realizan</p> <p>Clases: SimilarTaskED, SimilarTaskBase, UtilOperation</p>
<p>Clase SimilarTaskED entrada registro de eventos</p> <p>Inicio</p> <p>matriz doble-dimensión otmatrix<- se crea una otmatrix con clase padre retornar matriz euclidiana calculada por la clase Utiloperation con entrada (otmatrix)</p> <p>Fin</p> <p>Clase SimilarTaskBase</p> <p>Inicio</p> <p>entero numOriginator<- tamaño de la lista de recursos se crea una matriz doble otmatrix en (numOriginator, tamaño de arreglo</p> <p>para cada traza en log hacer</p> <p>Inicio</p> <p> Desde k<-0 hasta numOriginator con paso 1 hacer</p> <p> Inicio</p> <p> Se crea un eventos según la posición de k entero row<-valor de la lista de recursos en la posición donde está el recurso del evento Si row es negativo entonces</p> <p>continuar</p> <p> Fin si</p> <p> entero column<-valor del arreglo de tareas en la posición donde está el nombre del evento se añade a la matriz otmatrix (row, column, posicion(row, column) + 1.0)</p> <p> Fin desde</p> <p> Fin para cada</p> <p>retornar matriz de originadores de tareas</p> <p>Fin</p> <p>Clase UtilOperation entrada matriz de doble dimensión</p> <p>Inicio</p> <p>entero row<- cantidad de filas en la matriz de entrada entero column<-cantidad de columnas en la matriz de entrada se crea una matriz de doble dimensión D en (row, row ,0)</p>

```

Desde i<-0 hasta row-1 con paso 1 hacer
Inicio
  Desde j<-i+1 hasta row con paso 1 hacer
  Inicio
  doble temp<-0
  Desde k<-0 hasta column con paso 1 hacer
  Inicio
  temp<-temp+((posición matriz(i, k) - posición(j, k)) * (posición
matriz(i, k) – posición matriz(j, k)))
  Fin desde
  temp<-raíz cuadrada de temp
  Se añade a la matriz D (i, j, temp)
  Se añade a la matriz D (j, i, temp)
  Fin desde
  Fin desde
  retornar D
Fin

```

Procedimiento: cálculo de trabajo en conjunto con radio de aparición simultanea

Entradas: registro de eventos

Salidas: matriz doble dimensión

Descripción: algoritmo encargado de determinar las relaciones de casos en común entre las personas que intervienen en un evento, bajo el principio de centrarse en los que realicen actividades en un mismo caso.

Clases: WorkingtogetherSAR

Clase WorkingtogetherSAR

Inicio

entero numOriginator<- tamaño de la lista de recursos

se crea una matriz doble D en (numOriginator, numOriginator ,0)

arreglo de enteros number<-nuevo arreglo de enteros pasándole numOnator

Para cada traza en log hacer

Inicio

Definir tempSet como conjunto disperso

Desde k<-0 hasta tamaño de trazas con paso 1 hacer

Inicio

Se crea un evento según la posición de k

entero row<-valor de la lista de recursos en la posición donde está el recurso del evento

Si row no es negativo entonces

añadir a tempSet row

Fin si

Fin desde

```

Para cada itr1 en tempSet hacer
Inicio
se añade a number itr1 y se aumenta con paso 1
Para cada itr2 en tempSet hacer
Inicio
se añade a D (itr1, itr2, posición (itr1, itr2) + 1.0)
Fin para cada
Fin para cada
Fin Para cada
Desde i<-0 hasta numOriginator con paso 1 hacer
Inicio
Desde j<-0 hasta numOriginator con paso 1 hacer
Inicio
Si i igual j entonces
Inicio
se añade a D(i,j,0.0)
Fin si
Sino
Inicio
se añade a D(i, j, posición(i, j) / number[i])
Fin sino
Fin desde
Fin desde
retornar D

```

Fin desde

Fin para cada

Procedimiento: crear red social

Entradas: registro de eventos

Salidas: objeto JSON (*Java Script Object Notation*)

Descripción: Algoritmo para convertir en **json** todos los nodos y las relaciones que se establecen entre ellos, a partir de lo que devuelve la técnica seleccionada.

Inicio

Definir Json como cadena

Se crea una variable Xml de tipo ParseadorXml

Se crea una variable xlog de tipo Xlog

Intentar

Inicio

xlog<-se parsea el registro de eventos

Se crea una variable contexto que guardara los objetos con sus características

Se crea una variable de tipo SocialNetwork red<-llama al método GetRed pasándole el contexto, el registro de eventos y la técnica a crear

Definir AristasJson como Lista de Arreglos de tipo objeto

Definir NodosJson como Lista de Arreglos de tipo objeto

```
Definir MapJson como Mapa de tipo cadena y objeto
Definir font como Mapa de tipo cadena y objeto
entero edges<- tamaño de lista de aristas de la red creada
Arista de red social aristas<- inicializarlo con tamaño de edges
entero k<-0
Para cada arista creada en la arista de la red
Inicio
source<-nodo fuente de la red creada
target<-nodo destino de la red creada
Arreglo de cadenas split<-separador de : en arreglo aristas en la posición
0
Definir Aristas como Mapa de tipo cadena y objeto
Se añade a Aristas el nodo fuente
Se añade a Aristas el nodo destino
Se añade a Aristas el titulo
Si la técnica seleccionada es Operaciones en conjunto entonces
Se añade a Aristas el valor que arroja el método CalculaPeso recibiendo
split en segunda posición
Fin si
Se añade a AristasJson Aristas
Fin para cada
Para cada nodo creado en los nodos de la red
Inicio
Definir Nodo como Mapa de tipo cadena y objeto
Se añade a Nodo el identificador
Se añade a Nodo la forma de tipo circular
Se añade a Nodo la imagen obtenida por el método getPhoto
pasándole el identificador de la persona
Se añade a Nodo la etiqueta con el nombre de la persona obtenida
con el método getUsername pasándole el identificador de la persona
Se añade a Nodo la fuente
Si la técnica seleccionada es Actividades Similares entonces
Se añade a Nodo la talla obtenida con un método que busca la
cantidad de veces que se repite en el registro de eventos pasado
por parámetro
Fin si
Definir color como Mapa de tipo cadena y objeto
Se añade a color el color del borde en dependencia de la especialidad
obtenida por el método getColor pasándole el identificador de la persona
Se añade a Nodo el color
Se añade a Nodo el titulo dado por el método Tortis que muestra los
datos sobre el nodo
Se añade a NodosJson Nodos
Fin para cada
Se añade a MapJson como nodos NodosJson
```

Se añade a MapJson como aristas AristasJson
Objeto Json ObjJson<- nuevo Objeto Json pasándole MapJson
json<-ObjJson a cadena
Fin intentar
Capturar pasándole ex de tipo Exception
Inicio
Escribir ex
Fin capturar
Fin