



**UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL**

**“OPTIMIZACIÓN EN LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS DENTRO DE LA
UNIDAD DE PABELLONES QUIRÚRGICOS DEL HOSPITAL DEL SALVADOR”**

NICOLE JACQUELINE PANGUI MARCHANT

PROFESOR GUÍA: LUIS FELIPE ROBLEDO ALDANA

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**SANTIAGO – CHILE
ENERO, 2017**



FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y PROPIEDAD

Yo, Nicole Jacqueline Pangui Marchant, declaro que este documento no incorpora material de otros autores sin identificar debidamente la fuente.

Santiago, 4 DICIEMBRE de 2017

Firma del alumno

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	3 - 5
I.1 Importancia de Resolver el Problema	6 - 7
I.2. Discusión Bibliográfica	7 - 9
I.3. Contribución del Trabajo y su importancia.....	9
I.4. Objetivo General	10
I.4.1. Objetivos específicos	
I.5. Estado del Arte	11 - 14
I.6. Propuesta metodológica	14 - 15
I.7. Referencias bibliográficas.....	17 - 18

I. INTRODUCCIÓN.

El Hospital del Salvador (HDS) fue fundado el 7 de diciembre de 1871 con el fin de enfrentar la alta tasa de mortalidad infantil y las epidemias de viruela y cólera que afectaban periódicamente al país, el dinero empleado en su construcción provino principalmente de las familias más adineradas de Santiago.

Desde el año 1990 el HDS ha recibido constantes aportes que le han permitido mejorar su servicio gracias a la incorporación de nuevos equipamientos tecnológicos, que le ha permitido cumplir con importantes metas de producción por servicio clínico, junto a importantes innovaciones en la gestión del hospital, le ha permitido aumentar los recursos propios, optimizando el gasto en bienes y servicios de consumo.

Hay mucha frecuencia de pacientes operados, por distintas patologías o enfermedades. El 58,7% son actividades de tipo quirúrgicas. Estas actividades se realizan en el Pabellón Quirúrgico, que es un recinto especialmente diseñado y equipado para garantizar la seguridad en la atención del paciente que va a ser sometido a una actividad anestésica o quirúrgica.

En un pabellón se atiende diferentes tipos de intervenciones, una de las intervenciones que se realizan, son a los pacientes que llegan de forma espontánea y deben ser intervenidos quirúrgicamente de inmediato, el otro tipo de intervención es la cirugía electiva, en el cual los pacientes luego del diagnóstico pueden irse a su casa y esperar el tiempo que sea necesario, esta última genera un 40% o más de los ingresos de un hospital.

El área de Pabellón quirúrgico, es una de las unidades más importantes de la organización del hospital, los cuales están considerados entre los recursos más costosos dentro de las instalaciones de salud. Por lo tanto, las intervenciones quirúrgicas juegan un papel relevante en las utilidades que percibe la institución.

Esta unidad posee distintos pabellones quirúrgicos en los cuales cada uno es especializado o adaptado para determinadas cirugías correspondientes a cada pabellón, lo que permite dar solución a todos los problemas de salud de manera oportuna, eficiente y cercana al paciente.

El pabellón central del HDS, posee 10 pabellones quirúrgicos, dos de Cirugía Electiva y uno de Cirugía de Urgencia. La planta del primer piso posee 1061,98 metros cuadrados y la planta segundo piso tiene 1053,16 metros cuadrados.

Dentro de las especialidades quirúrgicas que se ofrecen en el pabellón, se encuentra:

- Cirugía Atención Abierta.
- Cirugía Atención Cerrada.
- Oftalmología Atención Abierta.
- Oftalmología Atención Cerrada.
- Otorrino Atención Abierta.
- Otorrino Atención Cerrada.
- Traumatología Atención Abierta.
- Traumatología Atención Cerrada.
- Urología Atención Abierta.
- Urología atención Cerrada.
- UTO Atención Abierta.

El proceso de los pacientes al entrar a Pabellón Central contempla tres etapas, estas son:

1. La pre quirúrgica donde se realizan las evaluaciones pre anestésicas.
2. La quirúrgica, la cual se produce el ingreso de los pacientes a pabellón, el chequeo de los antecedentes, identificación y coordinación con banco de sangre, farmacia y las unidades correspondientes a los pacientes después de la cirugía.
3. Y por último el Post-quirúrgica, que es la última etapa donde se realiza la recuperación, evaluación, control y manejo del paciente luego de ser operado, para ser trasladados a las unidades correspondientes cuando se encuentren estabilizados y sin dolor.

Sin embargo, pese a las constantes mejoras que ha realizado el HDS en sus distintas áreas, estas siguen sin ser suficientes para la gran cantidad de pacientes a los que atienden, siendo el 58,7% actividad de los pabellones quirúrgicos mencionado anteriormente, para

lo cual se llevará a cabo una investigación detallada de la unidad de pabellones quirúrgicos, con el objetivo de identificar los problemas específicos en la gestión de dicho servicio.

Se propondrá una herramienta que permitirá la optimización de los procesos de gestión en los pabellones quirúrgicos, en la cual se pretenderá optimizar el uso de los recursos utilizados en los pabellones quirúrgicos, considerando los criterios médicos de asignación, las prioridades relativas de los pacientes que esperan ser atendidos y las limitaciones de capacidad del hospital.

Esto podría hacer que se cumplan de manera oportuna y eficiente las necesidades del paciente.

I.1. Importancia de resolver el problema de optimizar los procesos.

Todos los indicadores importantes apuntan a que el mundo avanza a ritmo vertiginoso, con el avance social, político y económico del país, las necesidades de las personas van cambiando de manera inevitable, esto lleva a que cada vez sean más exigentes las medidas para mantenerse activos en todos lo que conlleva al ámbito de la salud, mientras más tecnología mejor eficiencia.

Para ver realmente como es la gestión y los procesos que se llevan a cabo dentro de los pabellones quirúrgicos, primero hay que tener en cuenta y definir claramente el entorno como lo es la infraestructura, personal, etc.

Los principales problemas se generan por los tiempos de espera que enfrentan los pacientes, ya sea por la falta de disponibilidad de médicos, extensos tiempos entre cada intervención, asignación de los recursos asociadas a cada paciente (fecha, hora, pabellón) y la priorización de las intervenciones.

La modelación será muy útil para llevar a cabo una mejor gestión, ya que con esto se podrán aumentar las intervenciones, reducir los tiempos de espera de los pacientes y a la vez incrementarán los ingresos. El aumento de los ingresos no es directamente proporcional con el número de intervenciones que se realizan, ya que estas varían según el tiempo de duración; pero en un intervalo de tiempo prolongado, esto se verá reflejado porque las intervenciones deberían ser superiores (Wolff, Patricio, 2012).

Se presentará una herramienta que permitirá la optimización de los procesos de gestión en los pabellones quirúrgicos, en la cual se pretenderá optimizar el uso de los recursos utilizados en las intervenciones quirúrgicas, además se presentará en base a la simulación discreta, que va a permitir llevar un control en las variable del tiempo, que permite avanzar en el tiempo a intervalos variables, en función de la planificación de ocurrencia de tales eventos a un tiempo futuro, básicamente son los cambios de estado que se producen en instantes de tiempos determinados y separados entre sí, esto hará que se cumplan de manera oportuna y eficiente las necesidades del paciente y con esto también se podrá disminuir la sobrecarga de personal administrativo y de enfermeras.

Por otra parte, se analizarán los procesos que se llevan a cabo en el área: como el ingreso de pacientes, la duración de la intervención y el posterior tiempo de recuperación que tendrá cada paciente. Actividades que tienen una duración incierta.

I.2. Discusión bibliográfica.

El sistema salud pública en Chile no es capaz de responder a todas las demandas de las distintas consultas médicas de forma oportuna, rápida y eficaz. El desarrollo de ir hacia una mejor calidad en el servicio que se ofrece requiere promover redes de salud organizadas y orientadas principalmente a entregar un servicio de calidad de salud integral y expedito para las personas, no se trata de algo nuevo, sino por el contrario, el sistema de salud pública en Chile se encuentra en un constante y progresivo desarrollo a fin de entregar un servicio de calidad, “El objetivo para la dirección del hospital es pretender que la gran cantidad de pacientes mantengan las normas más altas de satisfacción” (Ballard & Kuhl, 2006).

Disponer de variadas estrategias de gestión, permitirá obtener mejores resultados, en particular al interior de los pabellones dentro del HDS, fomentando y facilitando las innovaciones y los cambios, manteniendo un balance entre los recursos obtenidos y los utilizados.

Los recursos en el área quirúrgica, pueden ser muy escasos, lo que presenta un grave problema por la insatisfacción que conlleva al paciente por el prolongado tiempo de espera para ser atendido. “La insuficiente cantidad de recursos humanos es el denominador común que surge en todos los hospitales, en algunos se traduce en la restricción de prestaciones, en otros en la reducción de la cantidad de camas disponibles o, eliminación de algún servicio” (Fernandez, 2016).

Para mantener a los pacientes satisfechos con la calidad de atención y rapidez, sin tener que esperar prolongados tiempos de espera, se han de considerar diversos ámbitos, como “Las variaciones de los tiempos de intervención, las prioridades en la que serán atendidos los pacientes, la capacidad que tendrá el hospital, los horarios de los médicos, etc.”(Wolff, Durán, & Rey , 2012).

Como se ha expuesto anteriormente el proceso de los pacientes, al entrar a Pabellón Central contempla tres etapas, en la que se encuentra la pre quirúrgica, la quirúrgica y la post-quirúrgica, el tiempo en el que el paciente es trasladado a las distintas etapas es larga, por lo que es necesario acortar el procedimiento, el cuidado intraoperatorio es definido como el tiempo que el paciente llega al quirófano, y el tiempo cuando ellos son llevados al área de recuperación (Denton, Rahman, Bailey, & Nelson, 2006). Estas unidades de recuperación pueden ser las de cuidados intensivo (UCI), de post-anestesia, u otra área de recuperación de post-procedimiento. Es por esto que cada una de las etapas es crítica a la entrega acertada de servicios quirúrgicos al paciente

En base a ello se hace necesario realizar una reestructuración que disminuya los quirófanos y aumente los bloques de cirugía, tal como lo ha mostrado el modelo en MedModel hecho por (Davis & Lowery, 2009, pág. 1568) determinando que “Los cambios proyectados en la carga de trabajo quirúrgico podrían acomodarse en 30 quirófanos (o menos) si los tiempos de bloque programados se extendían durante los días de la semana y si se añadían los bloques de los sábados”.

Como ya es sabido, las operaciones poseen distintos grados de importancia por lo que sus tiempos de requerimiento varían entre sí, las operaciones que no son casos de emergencia son programadas y pensadas en una base diaria. “Hay un espacio especial para los casos de emergencia, que no afecta la planificación” (Arnaout & Kulbashian, 2008).

Como los hospitales públicos son financiados o subvencionados por el Estado, poseen una alta demanda, pese a su bajo nivel de satisfacción pues el impacto en el aumento de los costos de la atención medica es importante, esto porque la cobertura de salud básica posee precios inaccesibles tanto para empresas como para particulares, “El índice de precios al consumidor muestra que una importante división se está expandiendo entre los dos sectores dominantes de la economía: servicios y bienes” (Ballard, 2007), los precios de los servicios subieron a lo largo del año, mientras que los precios de los productos disminuyeron.

Como ya se sabe, hay casos que son sumamente urgentes y requieren de atención inmediata, rara vez estos casos surgen con anterioridad pues son casos que no se prevén y tienen poca velocidad de intervención, lo que afecta directamente la seguridad y capacidad efectiva para la recuperación del paciente.

Es por esto último que debe haber una rigurosa planificación, pues “Los casos de emergencia siempre llegan al hospital a través de una ambulancia o de forma aérea ya que necesitan atención inmediata, prioritario e impredecible y por lo tanto presentan una perspectiva de planificación” (Denton, Rahman, Bailey, & Nelson, 2006).

I.3. Contribución del trabajo y su importancia.

La trascendencia de este proyecto radica en otorgarle al HDS, medidas preventivas y correctivas que ayuden a la programación eficiente del área pabellón central.

Como la unidad de pabellones quirúrgicos es una de las unidades fundamentales del HDS, debido a la gran inversión que requieren sus instalaciones, los aparatos técnicos, y los ingresos que genera en cada una de las intervenciones, por lo que lo más importante es lograr que los pacientes tengan una grata estadía en el hospital, reduciendo los tiempos de espera y optimizando los recursos que posee esta unidad.

Esto tendrá un impacto significativo en la adecuada utilización de los recursos que posea y en la calidad de atención al paciente para que sea de forma oportuna y eficaz.

Se pretende mediante la Simulación discreta, entregar un enfoque más amplio del Pabellón Central, dando a conocer los distintos recursos con los que cuenta el hospital para así poder optimizarlos de forma óptima, lo que será un aporte tanto para las personas que se atienden ahí como para sus trabajadores. Es por esto que el aporte que se pretende realizar es principalmente la disminución de los tiempos de espera y atención de cada paciente en los respectivos quirófanos, dándole una mayor importancia a las intervenciones que se requieren con urgencia, por sobre las intervenciones que dejan mejor margen. Si se modifica la priorización de pacientes, es posible incorporar de manera implícita los tiempos máximos de espera.

De esta manera se pretende entregar una propuesta desde el punto de vista de la ingeniería, la que otorgará a esta institución y si se replica a las demás instituciones públicas una sistematización de sus técnicas y métodos tanto a nivel administrativo como de ejecución, otorgándoles a todos los profesionales que componen esta institución, parámetros claros bajo los que pueda trabajar y dejando en claro que cualquier éxito es un éxito de la organización a la que pertenecen.

I.4. Objetivo General.

Optimizar la gestión de los procesos de los pabellones quirúrgicos, mediante la simulación discreta (SIMIO), reduciendo los tiempos de espera del paciente, así mismo los tiempos entre cada intervención, lo que permitirá operar más pacientes, proporcionando mayores ingresos, mejorando y optimizando la utilización de los recursos ya existentes, además, se definirá la priorización de las intervenciones de los pacientes y asignación de los recursos que cada uno de estos necesite.

I.4.1. Objetivos Específicos.

- Analizar los procesos de gestión de los pabellones, respecto a la asignación y utilización de los recursos, para así poder disminuir los tiempos de espera de los pacientes.
- Obtener información indispensable para caracterizar y modelar la unidad de pabellones quirúrgicos del hospital, a fin de aprovechar al máximo todos los espacios disponibles.
- Representar mediante la modelación, los procesos que se llevan a cabo desde el ingreso hasta la salida del paciente.
- Optimizar, a través del desarrollo de experimentos o supuestos, el desarrollo de esta área en todos los ámbitos, tanto en: disponibilidad de profesionales, asignaciones de recursos, horarios, entre otros.

I.5. Estado del Arte.

Hasta el momento el Ministerio de Salud (MINSAL), ha implementado un nuevo sistema de monitoreo centralizado de pabellones quirúrgicos para elevar su uso, evitando que se cancelen o suspendan las cirugías en los hospitales públicos con el fin de bajar las

listas de espera. De las 240.536 personas que aguardan por una intervención quirúrgica en el sistema público de salud, 132.788 lo hacen hace más de un año. Este plazo podría disminuir, al igual que la lista de espera, con la implementación de este sistema informático, que busca mejorar la gestión y producción de estas áreas. El Minsal tomó la experiencia a partir del sistema de Gestión Centralizada de Camas (UGCC), implementado hace siete años que consiste en una central que monitorea todos los cupos de hospitalización disponibles y los gestiona, derivando a pacientes de un lugar a otro, para poder concretar las internaciones. Para los pabellones quirúrgicos se instalará un sistema informático, el mismo usado para la gestión de camas, y se midió la cantidad de pabellones en dotación, operativos e inhabilitados, también se implementó la gestión de la tabla quirúrgica, es decir, revisar diagnósticos, si se cumplen los horarios, las razones de por qué se suspende una operación, qué especialidades se están operando, etc. “Para poder optimizar la utilización de un pabellón, es necesario tener a la vista lo que está pasando con éste en tiempo real. Esto es una solución informática que nos va a permitir ingresar toda la información, en línea, y poder gestionar en el momento”, explicó Patricia Navarrete a La Tercera (Leiva L. , 2016).

En el 2015 había en la red de salud pública 607 pabellones quirúrgicos, de los cuales solo 558 se ocupaban, las principales razones son la disponibilidad del recurso humano, como anestesistas y técnicos entre otros, además de fallas en el equipamiento. En el día a día se suelen suspender operaciones por diversos motivos, ya sea que el paciente no está preparado, no hay disponibilidad de camas, que el equipo médico no esté completo o que los insumos necesarios no se encuentren disponibles.

Para mejorar la eficiencia hay que equilibrar los horarios de llegada de los pacientes con la utilización de los recursos utilizados, como las salas de operación, cirujanos disponibles, enfermeras, equipos quirúrgicos, salas de recuperación, etc. También habrá una incertidumbre en el tema de los tiempos de cada proceso involucrados en la atención quirúrgica, incluyendo el procedimiento quirúrgico, esto provocará un tiempo de espera impredecible para los cirujanos, ya que cada operación será distinta

teniendo cada una un tiempo diferente, también esto interferirá en la labor de las enfermeras, anesthesiólogos, pacientes y recursos auxiliares críticos.

En Chile, la obesidad ha ido en aumento, informe realizado por la FAO y la organización panamericana de la salud (OPS), señala que el 63% de la población chilena tiene sobrepeso. Según los datos del Departamento de Cirugía Bariátrica de la Sociedad de Cirujanos de Chile, se estiman que, mientras en el año 2001 se hacían alrededor de 400 intervenciones, actualmente se practican más de 5000, es por esto que las cirugías más requeridas por los pacientes con obesidad mórbida es la manga gástrica o bypass, “Para los pacientes es una odisea encontrar un hospital que este acreditado para realizar esta cirugía bariátrica, de los 29 hospitales públicos que existen en Chile, solo hay un 13 que están acreditados por Fonasa para realizar una cirugía para bajar de peso, uno de esto se encuentra el HDS” (Orellana, 2016).

Por otra parte, hasta ahora se ha comprobado mediante un estudio realizado por cinco años los efectos beneficiosos en la cirugía bariátrica, sobre el control de la glucosa en la sangre en los pacientes obesos, estos pueden persistir durante cinco años, pudiendo mantener los niveles de glucosa saludables sin el uso de la insulina. “Nuestros resultados muestran una continua durabilidad de control de la glucemia después de la cirugía metabólica, así como la pérdida de peso persistente, disminución de la diabetes y medicamentos cardiovasculares en cinco años” (Schauer, 2016).

Siguiendo, los avances de la robótica en el área de la cirugía ha ido avanzando en el tema de la diversificación en las subespecialidades además de la bariátrica, la cirugía general, urológica, oncológica, ginecológica, cirugía cardiovascular, urología oncológica y ginecología oncológica, para realizar estas cirugías, existe un moderno robot llamado Da Vinci, “Las cirugías con el robot Da Vinci provocan menos sangrado y requieren menos recuperación” (Canchola, 2016).

En Estados Unidos desde el año 2014 se implementó una nueva plataforma de cirugía robótica, la cual se ha ido modernizando con el tiempo, esta tecnología permite mejoras en la destreza con instrumentos “wristed”, se adapta a las personas, en este caso en el movimiento de las manos, se aprecia una vista 3D y una mayor posibilidad de solo una incisión en la cirugía. La gran mayoría de los procedimientos llevados a cabo normalmente por cirugías abierta, pueden requerir múltiples incisiones grandes, ahora se están

realizando con la plataforma robótica ya que es solo una incisión, como en la histerectomía y prostatectomías (Harkins, 2015).

Uno de los nuevos avances en cirugías, es en cálculos renales adquirido por el Hospital Puerto Montt, se trata de un equipo denominado Storz SLK inline, líder en su clase, que permitirá realizar cirugías de cálculos renales de forma menos invasiva, es el primer establecimiento de salud en Chile en contar con este equipo (Hospital Puerto Montt, 2017).

Desde 2014 se implementaron nuevas técnicas de intervención quirúrgicas, como la reparación de la válvula aórtica, válvulas biológicas en pacientes jóvenes, manejo endovascular de la patología aórtica tipo B y ecocardiografía 3D, las temáticas más relevantes fueron los Exámenes tridimensionales e insuficiencia cardiaca. El presidente de la Fundación Kaplan dijo que “En esta ocasión pudimos ver como una de las temáticas principales, la insuficiencia cardíaca, que es la epidemia del siglo XXI y es muy importante saber manejar eso en los pacientes” (Pedemonte, 2014).

Otra técnica implementada es la cirugía no invasiva, que es capaz de irradiar grandes cantidades de ramos gamma en pequeños volúmenes, “El Gamma Knife es capaz, mediante rayos gamma, intervenir complicaciones de carácter neurálgico sin necesidad del bisturí” (Achurra, 2014), esta gamma también puede solucionar problemas con precisión, como tumores benignos y malignos, y también distintas metástasis cerebrales como lo es el Parkinson, entre otros.

Para poder optimizar los procesos relacionados con la gestión de pabellones quirúrgicos, en el uso eficiente de los recursos e instalaciones, esta optimización refleja principalmente en una reducción de los tiempos de espera y aumento de la utilización de los recursos. Para esto se realizó un rediseño de procesos en base a la arquitectura de hospitales apoyado con nuevas tecnologías de información y el diseño de aplicaciones de apoyo fundamentales en el uso de patrones, la ejecución de procesos y el desarrollo de servicios web, esto fue utilizado en hospitales públicos con el fin de mejorar la eficiencia y eficacia de ellos, llevándose a cabo en el Hospital Exequiel González Cortés, mostrando un resultado exitoso con un 10,2% de mejora en la programación de pabellones. (Wolff, 2012)

En el caso de la programación de pabellones quirúrgicos en los hospitales, debe contemplar, aparte del problema de agendamiento, la determinación del grupo de pacientes que debe ser intervenido en función de sus prioridades relativas. Para esto fueron desarrollados distintos modelos, cada uno con distintos escenarios, la elección del modelo depende de las características de estos, se pudo concluir que, en los escenarios reales, es posible obtener mejoras de entre un 10% y un 15% del tiempo total de utilización, comparado con los métodos manuales utilizados actualmente. (Wolff, Durán, & Rey , 2012).

Hace unos años se implementó el modelo MedModel, para disminuir el número de quirófanos y aumentar los bloques de cirugía, “Los cambios proyectados en la carga de trabajo quirúrgico podrían acomodarse en 30 quirófanos (o menos) si los tiempos de bloque programados se extendían durante los días de la semana y si se añadían los bloques de los sábados” (Davis & Lowery, 2009), tomando en cuenta la realización del MedModel, la diferencia entre la predicción y la actual, (-2% para el número de casos y -2,5% para el número de horas) fue juzgado por el personal quirúrgicos como suficientemente pequeño que consideraban que el modelo era una representación del rendimiento real de la sala de operaciones.

I.6. Propuesta metodológica.

El modelo de simulación se construye utilizando software simulation *SIMIO*®, este software es una herramienta de modelado multiplataforma única que combina la simplicidad de los objetos con la flexibilidad de los procesos. Si bien el modelo se basa en un hospital en particular, el modelo de simulación es generalizado de modo que cualquiera fácilmente pueda introducir sus propios datos, para determinar de mejor forma la optimización de recursos utilizados. Este estudio se inicia con un levantamiento de procesos del pabellón central a partir de la información obtenida a través de visitas al lugar. Para ello, se seguirán los pasos fundamentales de un estudio de simulación que son: recolección de datos, diseño del modelo, verificación y validación del modelo, y, finalmente, la experimentación y el análisis de los resultados.

En la recolección de datos se pretende recopilar datos necesarios, a partir de la información obtenida a través de visitas las instalaciones del pabellón quirúrgico, revisión de diferentes publicaciones de optimización de procesos relacionado con este tema y entrevistas realizadas a distintos especialistas ligados a esta área.

Esta acción se realizara para obtener datos verídicos del flujo de pacientes, cuantos pabellones dispone el hospital, trabajadores, disponibilidad de médicos, recursos disponibles (camas, utensilios, etc.), los horarios o turnos del personal, disponibilidad de salas de recuperación, pacientes promedio que se atienden a diario, proceso que se realiza desde el ingreso hasta la salida del paciente, el tiempo de espera promedio de los pacientes para ser atendido, tiempo entre intervenciones e igualmente el tiempo de intervención. etc., para así poder encontrar posibles soluciones mediante la simulación discreta.

Una vez obtenidos los datos verídicos, se realizará un modelamiento con programa Simio, en el cual mostraran los distintos escenarios probables para poder hacer una posible optimización de los procesos y gestionar de mejor forma la capacidad y asignación de recursos existentes.

En la simulación discreta se distinguirán tres componentes principales, las entidades, los recursos y los procesos. Las entidades serán los pacientes y los recursos serán el personal médico que atiende en esta área.

- ¿Es la simulación la mejor herramienta para solucionar el problema?

La simulación no arroja los datos precisos de la entrada y salidas de pacientes. La simulación al fin y al cabo es una herramienta útil y fácil de ocupar para tener una noción de lo que se necesita. Posee incertidumbre y flexibilidad para modelar distintos escenarios, además de entregar una visualización más amplia del problema lo que con lleva a obtener una mejor toma de decisiones.

- ¿Qué incluirá el modelo de simulación?

Este modelo incluirá datos actuales y estimaciones que afectan el análisis del tiempo en la atención de pacientes, como el tiempo de intervención, tiempo de recuperación, de preparación, cantidad de médicos, arsenaleros, enfermeras, además de la capacidad de los

pabellones, para conocer la máxima utilización que posee, ya que esto puede ser la principal causa que genera el problema.

I.7. Bibliografía

- Achurra, T. (2 de mayo de 2014). *Operaciones sin bisturí: Llega a Chile la radiocirugía*. Obtenido de 24horas: <http://www.24horas.cl/programas/avances24/operaciones-sin-bisturi-llega-a-chile-la-radiocirugia-1214119>
- Arnaout, J., & Kulbashian, S. (2008). Maximizing the Utilization of Operating Rooms with Stochastic Times using Simulation. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, (págs. 1617-1623). Miami.
- Ashby, M., Ferrin, D., Miller, M., & Shahi, N. (2008). Discrete event simulation: optimizing patient flow and redesign in a replacement facility. *Winter Simulation Conference 2008*.
- Ballard, S. (2007). Simulation Analysis of Capacity and Scheduling Methods in the Hospital Surgical Suite.
- Ballard, S., & Kuhl, M. (2006). The use of simulation to determine maximum capacity in the surgical suite operating room. *Proceeding of the 2006 Winter Simulation Conference 2006*, (págs. 433- 438).
- Canchola, A. (31 de diciembre de 2016). *Destacan avances con cirugía robotica*. Obtenido de <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/mundo/2016/12/31/destacan-avances-con-cirugia-robotica>
- Cortés, S. (2010). *Evaluación de esquemas de secuenciación de intervenciones quirúrgicas y alternativas de rediseño en el sector B del Hospital Clínico de la Universidad de Chile*. Santiago.
- Davis, J., & Lowery, J. (2009). Determination of operating room requirements using simulation. *Winter Simulation Conference 2009*, (pág. 1568).
- Denton, B., Rahman, A., Bailey, A., & Nelson, H. (2006). Simulation of a Multiple Operating Rooms Surgical Suite. *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, (págs. 414-424). Rochester.
- Fernandez, M. (24 de octubre de 2016). La escasez de recursos humanos impacta en los hospitales provinciales. Obtenido de <http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/la-escasez-de-recursos-humanos-impacta-en-los-hospitales-provinciales>
- Ferreira, R., Coelli, F., Pereira, W., & Almeida, R. (2007). Optimizing patient flow in a large hospital surgical centre by means of discrete-event computer simulation models. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, (págs. 1356-1294). Rio de Janeiro.
- Ferrin, D., Miller, M., Wininger, S., & Neuendorf, M. (2004). Analyzing incentives and scheduling in a major Metropolitan hospital operating room through simulation. *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference* .
- Harkins, B. (25 de diciembre de 2015). *Dr. Brian Harkins*. Obtenido de <https://www.drbranharkins.com/trmc-advances-robotic-surgical-platform-for-patients/>
- Hospital Puerto Montt. (18 de junio de 2017). *Sumamos nuevos avances en cirugías de cálculos renales*. Obtenido de Hospital Puerto Montt: <http://www.hospitalpuertomontt.cl/index.php/hpm/16-prensa/79-sumamos-nuevos-avances-en-cirug%C3%ADas-de-c%C3%A1lculos-renales>

- Iser, J., Denton, B., & King, R. (2008). Heuristics for Balancing Operating Rooms and Post-Anesthesia Resources Under Uncertainty. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, (págs. 1601-1608). Miami.
- Jansson, A., & Delgado, C. (2000). OPTIMIZACION DEL PROCESO DE CIRUGIA EN HOSPITALES PUBLICOS. UNA APLICACION DE LA MODELACION MATEMATICA ENTERA EN LA PRESTACION DE ATENCIONES QUIRURGICAS EN EL HOSPITAL DEL SALVADOR, SANTIAGO, CHILE. *Pharos*, 31.
- Leiva, J., Fonseca, P., & Ocaña, J. (2011). Modelling surgical pavilions and a unit of anaesthesia on a Chilean hospital using Specification and Description Language. *XIII Conferencia Española*. Barcelona.
- Leiva, L. (20 de 03 de 2016). Minsal implementa plan de monitoreo de pabellones quirúrgicos para elevar su uso. *La Tercera*.
- Leiva, L. (20 de marzo de 2016). Minsal implementa plan de monitoreo de pabellones quirúrgicos para elevar su uso. *La Tercera*, pág. 18.
- Orellana, F. (22 de febrero de 2016). La lista de los hospitales públicos que hacen la cirugía para bajar de peso. *Savalnet*. Obtenido de <http://www.masliviano.cl/2016/02/tema-la-lista-de-los-hospitales-publicos-que-hacen-la-cirurgia-para-bajar-de-peso/>
- Pedemonte, O. (5 de agosto de 2014). Nuevas técnicas de intervención quirúrgica presentaron en jornada internacional de cardiología. Obtenido de <http://www.hospitalantofagasta.gob.cl/nuevas-tecnicas-de-intervencion-quirurgica-presentaron-en-jornada-de-cardiologia/>
- Schauer, P. (4 de abril de 2016). Final Stampede Results: Glycemic Benefits of Bariatric Surgery Persist Over Time. Obtenido de <https://newsroom.clevelandclinic.org/2016/04/04/final-stampede-results-glycemic-benefits-bariatric-surgery-persist-time/>
- Sobolev, B., Harel, D., Vasilakis, C., & Levy, A. (2008). Using the Statecharts paradigm for simulation of patient. *Health Care Manage Sci* (2008), (págs. 79-86).
- Wolff, P. (2012). *Optimización de los procesos de gestión de pabellones quirúrgicos en hospitales públicos*.
- Wolff, P., Durán, G., & Rey, P. (2012). *Modelos de programación matemática para asignación de pabellones quirúrgicos en hospitales públicos*. Obtenido de <http://www.dii.uchile.cl/~ris/RISXXVI/wolff.pdf>
- Wolff, P., Durán, G., & Rey, P. (2011). *Modelos de Programación Matemática para asignación de pabellones quirúrgicos en hospitales públicos*. Obtenido de <http://mate.dm.uba.ar/~gduran/docs/tesis/Tesis-MGO-PWolff.pdf>

OPTIMIZACIÓN EN LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS DENTRO DE LA UNIDAD DE PABELLONES QUIRÚRGICOS DEL HOSPITAL DEL SALVADOR

Nicole Pangui Marchant
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad Andrés Bello
Santiago, Chile.

ABSTRACT

Este artículo presenta un modelo de simulación que describe las intervenciones quirúrgicas en el servicio de pabellones del Hospital del Salvador (HDS), Chile. Esta modelación se puede utilizar para probar diferentes escenarios de proceso, es decir, asignando distintos recursos, como aumentar o disminuir los pabellones de intervención o el personal que presta servicio a esta Unidad. Al utilizar el modelo de simulación se demuestra un nuevo método de trabajo en el hospital, lo que hace que el funcionamiento del servicio de pabellones quirúrgicos sea más eficaz y por ende haya una mejora en la satisfacción del paciente y un aumento de la productividad.

1. INTRODUCCION

El Hospital del Salvador (HDS) fue fundado el 7 de diciembre de 1871 con el fin enfrentar la alta tasa de mortalidad infantil y las epidemias de viruela y cólera que afectaban periódicamente al país. El dinero empleado en su construcción provenía principalmente de las familias más adineradas de Santiago.

El Área de Pabellón Quirúrgico es una de las unidades más importantes del hospital, porque cuenta con amplios pabellones y una alta gama de instrumentos de última tecnología, los cuales permiten realizar cirugías mínimamente invasivas en todas las especialidades quirúrgicas, ya que cuenta con todo lo necesario para la esterilización y estrictos controles de calidad que garantizan las condiciones de los materiales e insumos que se utilizan. Es por esto, que ésta área está considerado entre los recursos más costosos dentro de las instalaciones de salud.

El hospital presenta una alta frecuencia de pacientes operados por distintas patologías o enfermedades. El 58,7% son actividades de tipo quirúrgicas, las cuales se realizan en el “Pabellón Quirúrgico”, un recinto especialmente diseñado y equipado para garantizar la seguridad en la atención del paciente que va a ser sometido a una cirugía mayor o menor. La cirugía menor, se ocupa de aquellos procedimientos quirúrgicos que se realizan con anestesia local, de manera ambulatoria y que no requieren de cuidados post-operatorios especiales. Este tipo de cirugía se realiza en menor cantidad en comparación a la cirugía mayor, con un total de **11.558** cirugías entre los años 2014 y 2016 en el HDS.

En el caso de las intervenciones quirúrgicas mayores, estas se refieren a procedimientos más complejos, con más riesgos, frecuentemente realizados bajo anestesia general o regional y asistencia respiratoria. Este tipo de cirugía es la que se realiza con mayor frecuencia con un total de **42.268** intervenciones realizadas entre el año 2014 y 2016. En la tabla 1 se muestran las intervenciones quirúrgicas realizadas entre esos años.

Tabla 1: Intervenciones Quirúrgicas en Hospital del Salvador (HDS) según Tipo.

Tipo de Intervenciones Quirúrgicas	Año		
	2014	2015	2016
Cirugías Mayores	14640	15890	11738
Cirugías Menores	1928	4900	4730

Servicio de Salud Metropolitano Oriente (SSMO)

De los establecimientos de alta y mediana complejidad del Servicio de Salud Metropolitano Oriente (SSMO), el HDS es uno de los establecimientos que realiza más “intervenciones quirúrgicas mayores”. Actualmente en la mayoría de los hospitales del SSMO, se realizan un gran número de intervenciones mayores, en comparación a intervenciones menores. Estos hospitales en el ámbito tecnológico, poseen apropiados equipos médicos.

Existe un equipo tecnológico poco invasivo, que es capaz de realizar intervenciones quirúrgicas mayores, denominado “*Da Vinci*”, que se utiliza para múltiples procedimientos quirúrgicos, especialmente en prostatectomías, éste está controlado por un cirujano que opera desde una consola. “*Las cirugías con el robot Da Vinci provocan menos sangrado y requieren menos recuperación*” (Canchola, 2016).

Actualmente el pabellón central del HDS cuenta con 11 pabellones quirúrgicos, estos se dividen en dos: 10 de cirugía electiva y 1 de urgencia.

La cirugía electiva corresponde a toda aquella que no sea de emergencia y que puede ser programada con antelación para un largo período de tiempo, porque no implica una emergencia médica, también incluye todas las cirugías opcionales realizadas por razones no médicas, es decir, cirugía estética.

La cirugía de urgencia es todo aquel proceso que sufre un paciente y que si no se opera con carácter urgente pone en peligro la vida del paciente. Para estas cirugías no hay horarios, el paciente llega y dependiendo de su severidad se estabiliza y se ingresa inmediatamente para atención en quirófano. Ambas cirugías pueden ser mayor o menor y algunas veces no requieren de hospitalización (ambulatoria).

El total de intervenciones quirúrgicas realizadas en el HDS, se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Intervenciones quirúrgicas electivas y de urgencias.

Año	Total Intervenciones Electivas y de Urgencias
2014	16568
2015	20790
2016	16468

Servicio de Salud Metropolitano Oriente (SSMO)

Las especialidades con más intervenciones quirúrgicas (electivas y de urgencia) que se realizan en el HDS, son las de Oftalmología, Cirugía general, Urología, etc., como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 3: Número de pacientes intervenidos por año, según especialidad.

Especialidad	Pacientes intervenidos			
	2015	2014	2013	2012
Cirugía general	2323	1504	2.583	2.067
Cirugía cardiovascular	0	0	131	548
Cirugía máxilo facial	0	0	0	9
Traumatología	303	205	918	970
Otorrinolaringología	342	207	403	292
Oftalmología	4538	2197	4.019	3.606
Urología	496	323	725	756

Departamento de estadística e información de Salud (DEIS)

En cuanto al personal está compuesto por enfermeras, anestesiastas, médicos y administrativos. Hoy en día, hay 122 personas que prestan servicio a esta unidad del HDS con turnos rotativos:

Tabla 4: Personal que compone el Pabellón Quirúrgico del HDS.

Personal	Cantidad Total	Personal aprox. diario
Medicos	17	11
Administrativo (Admisión)	1	1
Anestesiastas	14	7
Enfermeras	90	20
TOTAL	122	39

Esta investigación tiene por finalidad optimizar la utilización de la unidad de pabellones quirúrgicos, mediante la modelación y simulación de los procesos que se llevan a cabo desde el ingreso hasta la salida del paciente. Con esto, se espera lograr una reducción significativa de los tiempos de espera de los pacientes y los tiempos entre cada intervención, lo que permitirá operar más pacientes, proporcionando indirectamente a la vez, mayores ingresos, mejorando y optimizando la utilización de los recursos ya existentes, logrando finalmente que se cumplan de manera oportuna y eficiente las necesidades del paciente, proporcionando una satisfacción y aumento de la productividad. Para lograr esto de mejor forma, se llevarán a cabo distintos experimentos, variando el número de médicos, enfermeras y los recursos como los distintos pabellones que hay actualmente.

2. ANÁLISIS DEL SISTEMA

El flujo de los pacientes se determina, desde la llegada hasta la salida del paciente y según el tipo de cirugía que el paciente se realiza, pasa por diferentes etapas, algunas más duraderas, dependiendo del tipo.

No solo el tiempo de la intervención quirúrgica retrasan el flujo de pacientes, sino también el tiempo de hospitalización y tiempo de recuperación.

Antes de llevar a cabo una intervención quirúrgica electiva, se efectúa el proceso prequirúrgico, éste inicia en el momento que ingresa una solicitud de la interconsulta, para ver el nivel ambulatorio. Éste a su vez posee tres etapas: la primera es la etapa de Gestión de la interconsulta y agendamiento; la segunda corresponde a la evaluación clínica del paciente (con o sin exámenes); por último, la espera de la cirugía, en la que el paciente es ingresado a la lista de espera.

2.1. Flujo de pacientes

El flujo del paciente electivo en el cual se enfocará este artículo comienza con la llegada del paciente a la **Admisión**, luego se procede a las fases de preparación de paciente y preparación del pabellón. En la preparación del paciente, este es llevado a la **Sala de Preparación**, aquí la enfermera completará los datos del paciente, se le realizarán los exámenes que faltan, se tomarán los signos vitales, consentimiento informado, etc.. Seguidamente se preparará al paciente, administrando la medicación necesaria, baño, quedando listo para la cirugía. En esto también se procede al mismo tiempo la fase de la preparación del pabellón, una vez que el pabellón está disponible, solicitan al paciente listo, éste es trasladado al **Pabellón Quirúrgico** y es preparado para la administración de la anestesia apropiada, ejecutado esto, el procedimiento comienza.

Después de la intervención quirúrgica, viene la fase de cuidados post-anestesia, aquí el paciente es trasladado a la **Sala de recuperación**, donde el paciente se pone en observación hasta que pase la anestesia. Luego de transcurrido el periodo de observación y dependiendo de la complejidad, el paciente es llevado a la **Sala de hospitalización** para cuidados críticos (UCI), intermedio o llevado a **Sala común** según lo requiera. Después, dependiendo de los cuidados y de la recuperación del paciente, este queda hospitalizado o se da de alta, entregando documento, normas y hora de control. En la figura 1 se pueden ver los procesos detallados. Para el caso de los pacientes de Urgencia, estos pasan directamente a pabellón, donde se toman los exámenes correspondientes y comienza la intervención.

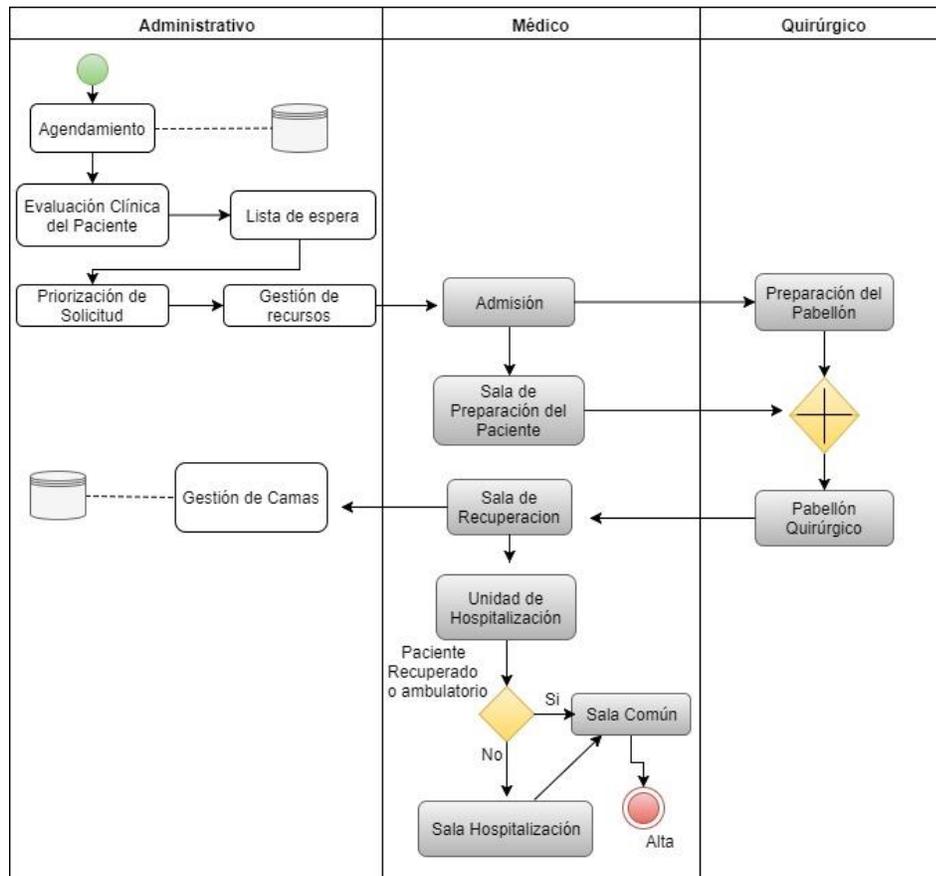


Figura 1: Proceso Pabellón Quirúrgico

2.2. RECOPIACION DE DATOS

Para conocer los datos del sistema de salud pública del Hospital del Salvador (HDS), se utilizó información del departamento de estadísticas e información de salud (DEIS), también se utilizaron datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), información del servicio Metropolitano Oriente (SSMO), entrevistas realizadas a distintos especialistas ligados a esta área, datos entregados directamente por el HDS, además de la observación de los pacientes en este servicio durante una semana, en octubre del presente año. Esta acción se realizó para obtener datos verídicos del flujo de pacientes; cuantos pabellones dispone el hospital; trabajadores, horarios o turnos del personal, tiempo estimado en las distintas salas, pacientes promedio que se atienden mensualmente y diariamente; proceso que se realiza desde el ingreso hasta la salida del paciente; el tiempo de espera promedio de los pacientes para ser atendido; tiempo entre intervenciones y tiempo de intervención, etc.

Si bien, algunos de estos datos son ingresados electrónicamente, no toda la información pudo ser entregada por parte del hospital, ya que es de acceso restringido. Al no ser posible conseguir toda la información, se concurrió a datos estimativos y verídicos de otros hospitales.

Para comenzar el desarrollo del modelo, hubo una recopilación manual de datos por parte de algunas enfermeras de la unidad, mediante documentos del paciente y tomando los tiempos entre cada proceso durante una semana. Después de que el paciente abandona el servicio, los datos se introdujeron a la base de datos. Estos datos fueron procesados con el software StatFit. En la tabla 4 se muestra el tiempo de proceso para cada fase según el tipo de paciente.

En la Tabla 5: Tiempo de proceso para cada fase, en el mes de octubre del año 2017.

Proceso	Tiempo	Uni	Prom	Media	Desviación		Chi	
					estandar	Varianza	Cuadrado	R/NR/E
Entrada	E(32, 44.1) min							E
Admisión	P(11.1) min		11,1	11	301,188	907,143	9,49	NR
Espera antes de Preparación Sala	U(32, 69) min		50,58	51,5	118,254	139,84	9,49	NR
Preparación Pabellón electivo	E(52, 32.7) min		84,68	76,5	354,185	1254,47	9,49	NR
y urgencia Sala	U(42, 600) min		329,1	322	149,161	22249,1	9,49	NR
Recuperación Sala	U(30, 296) min		171,5	173	806,484	6504,17	16,9	NR
Hospitalización Sala Común	U(4, 168) horas		94,63	103	54,6419	2985,74	9,49	NR
	U(0.5, 2) días							E

E = Exponencial, P = Poisson, U=Uniforme, R = Rechazado, NR = No Rechazado, E = Estimado.

En el hospital se atienden cirugías electivas de lunes a viernes. La urgencia funciona 24/7. Según el tipo de cirugía, se determina el tiempo promedio de intervención, pudiendo variar entre 30 minutos a 10 horas aproximadamente.

En la tabla 6, se muestran las horas disponibles de los tipos de cirugías entre los años 2013 y 2016.

Tabla 6: Se muestran las horas disponibles, de preparación y ocupadas en cirugías.

Año	Horas disponibles de Cirugía electiva	Horas disponibles urgencia	De preparacion Electiva	De preparacion urgencia	Horas ocupadas (intervención) Cirugia Electiva	Horas ocupadas (intervención) Urgencia
2016	23.437	12.414	1.062	999	21.070	7.320
2015	23.296	12.188	2.177	798	16.899	6.624
2014	25.088	11.492	2.967	820	20.481	6.243
2013	24.968	11.672	2.772	929	20.219	6.337

Deis

3. MODELACIÓN

El modelo de simulación se construye utilizando software simulation *SIMIO*®. Este software es una herramienta de modelado multiplataforma única que combina la simplicidad de los objetos con la flexibilidad de los procesos. Si bien el modelo se basa en un hospital en particular, el modelo de simulación es generalizado de modo que cualquiera fácilmente pueda introducir sus propios datos, para determinar de mejor forma la optimización de recursos utilizados. Este estudio se inicia con un levantamiento de procesos del Pabellón Central a partir de la información obtenida. Para ello, se seguirán los pasos fundamentales de un estudio de simulación que son: recolección de datos, diseño del modelo, verificación, validación del modelo y finalmente, la experimentación y el análisis de los resultados.

3.1 DESARROLLO DEL MODELO

En este estudio, utilizando software simulation *SIMIO*®, se efectuó una simulación de eventos de las distintas actividades del hospital, con la intención de obtener una posible solución en reducir la espera de pacientes en pabellón, obtener trabajadores de acuerdo al flujo de pacientes, además de gestionar de mejor forma la capacidad de los pabellones y la asignación de recursos existentes del hospital.

Una vez que se obtuvieron datos, primero se representó el sistema en un modelo virtual, para luego realizar las mejoras, optimizando los procesos y gestionarlo de mejor forma la capacidad y asignación de recursos existentes, mostrando los distintos escenarios probables.

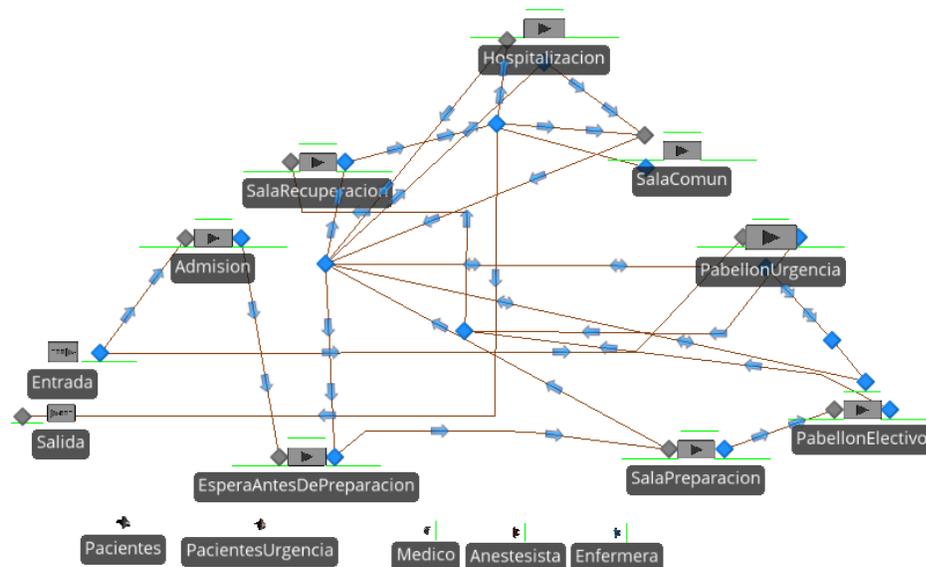


Figura 2: Modelo de Simulación en *SIMIO*®

En la simulación se distinguirán tres componentes principales: las entidades, los recursos y los procesos. Las entidades serán los pacientes que van a una intervención quirúrgica, los recursos serán el personal médico que atiende en esta área, los Pabellones Quirúrgicos, la Sala de Preparación quirúrgica, sala Recuperación (post-quirúrgica), Sala de hospitalización (UCI e Intermedio), Sala Común y por último los Tiempos de cada proceso, desde que el paciente llega, hasta que sale del sistema. En la tabla 7 se detallan algunas medidas de rendimiento de interés para este modelo.

Tabla 7: Indicadores Claves

Indicador	Descripción	Métricas	Fórmula
Tiempo medio de permanencia del paciente en el Pabellón (TPM).	Tiempo que los pacientes se encuentran en el pabellón, desde que entran, hasta que son dado de alta.	$Td_i =$ # tiempo hasta el alta del paciente i en el Pabellón. $Ta_i =$ # tiempo de admisión para el paciente i . Donde $i = 1 a n$ $PS =$ # pacientes en el sistema	$TMP = \frac{\sum_{i=1}^n (Td_i - Ta)}{PS}$
Duración de atención en el Pabellón (DA)	Es el tiempo de Intervención.	$T_0 =$ tiempo de inicio de la cirugía i . $T_f =$ tiempo de finalización de la cirugía i .	$DA = T_f - T_0$

4. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

El modelo de simulación se verificó por la administración del hospital. Como la mayoría de los hospitales mantienen registros de pacientes detallados que incluye el tipo de cirugía, número de doctores y enfermeras, tiempo de admisión, tiempo en sala de preparación, tiempo tomado en el quirófano, el tiempo en recuperación, tiempo de hospitalización y el tiempo promedio de alta de los pacientes, una base de datos completa está disponible para su validación.

Se utilizaron datos actuales de un mes, con todas las intervenciones quirúrgicas realizadas por el hospital y durante una semana se recopilaban datos por horas, como datos del tiempo de admisión, tiempo en sala de preparación, tiempo en el quirófano, etc., mencionados anteriormente. Con todos estos antecedentes, además de estimaciones de datos consultados a personas especializadas en esta área, fueron datos suficientes para crear un sistema representativo con las salas y los distintos pabellones utilizados.

Para el sistema actual y la simulación se estimaron los tiempos promedio de acuerdo a la información entregada por el hospital.

Primero el tiempo de los procesos del sistema actual se definió estadísticamente con los datos recopilados. El valor del sistema actual, se comparó con el valor que el modelo dio después de una corrida de simulación. Los resultados mostraron que la diferencia de los valores del modelo y el sistema actual fue del 3% (con una precisión del 97%) y por lo tanto el modelo era válido y podría ser utilizado como una herramienta de ayuda a la decisión.

La lógica del modelo fue presentada fase por fase y se comparó con el modelo conceptual. El modelo fue validado por la ejecución del examen intervalo de confianza para concentrarse en promedio de los pacientes en el sistema, debido a que cada tipo de pacientes tenía parcialmente sus propios recursos, rutas de proceso y recursos compartidos parcialmente.

5. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

Se desarrollaron varios experimentos para evaluar la implementación de este proyecto al hospital y demostrar cómo la simulación podría ser utilizada para ayudar a la toma de decisiones. Esta sección describirá los escenarios desarrollados y los datos recogidos durante los experimentos.

5.1. ESCENARIOS

Las variables del modelo son el proceso de Admisión, los pabellones según su tipo y los trabajadores; por lo tanto, los escenarios se modelaron con una cierta cantidad de pabellones, trabajadores y capacidad de admisión, con variados escenarios, con un intervalo de confianza del 95%, un percentil superior de 75% y percentil inferior de 25%. En primer lugar, el modelo de simulación se llevó a cabo con los pabellones actuales para cada tipo de pacientes (electivo y urgencia).

Los resultados para el sistema actual se muestran en la tabla 8, con un escenario de 10 Pabellones Electivos, 1 Pabellón Urgencia, 1 Administrativo en Admisión, 11 médicos, 7 anestesistas y 20 enfermeras, donde se muestran la capacidad de utilización promedio de cada pabellón, el número de pacientes en el sistema y el número de pacientes Intervenido con el objetivo de maximizarlos y el tiempo en sistema de cada tipo de paciente, con el objetivo de minimizar.

Tabla 8: Estadística semanal de pabellón, Escenario Actual.

Estadística semanal en Pabellón		Escenario Actual	
Tipo Pabellón		Capacidad de Utilizacion (%)	
Pabellón Electivo		65,478	
Pabellón Urgencia		9,858	
Tipo Paciente	N° en el Sistema	Tiempo en Sistema (hora)	N° Paciente Intervenido
Pacientes	85	91,0401	177
Pacientes Urgencia	40	99,8345	31

A continuación, se llevó a cabo un experimento (Tabla 8), que está enfocado para determinar la máxima capacidad utilizada de los pabellones y el tiempo en el sistema de los pacientes. Para seleccionar el mejor escenario en el modelo de simulación, se ocupó la herramienta OptQuest, el cual muestra distintos escenarios, seleccionando el mejor. En la Tabla 9 se muestran los recursos que se obtuvieron con la herramienta OptQuest, para los dos tipos de experimentos, el primero enfocado en la Capacidad Utilizada y el segundo en el Tiempo en Sistema de los pacientes.

Table 9: Recursos del experimento 1 (Capacidad Utilizada de pabellón) y experimento 2 (Tiempo en Sistema de los pacientes).

Recursos	Capacidad Utilizada	Tiempo en Sistema
Pabellon Electivo	11	12
Pabellón Urgencia	2	1
Admisión	1	2
Enfermeras	22	22
Anestelistas	9	9
Medicos	13	13

Los resultados obtenidos de los dos mejores escenarios de cada experimento, de acuerdo a la capacidad utilizada de los pabellones y tiempo en sistema de los pacientes, se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10: Estadística Semanal del pabellón, Mejor Escenario de los distintos experimentos realizados (capacidad utilizada y tiempo en el sistema del paciente).

Estadística semanal	Capacidad		Tiempo	
	Electivo	Urgencia	Electivo	Urgencia
Capacidad Utilizada Pabellón (%)	63,0115	18,9627	66,5549	9,94366
Numero en el Sistema	162	89	154	94
Tiempo en Sistema	90,2248	108,134	86,9852	102,438
Numero Paciente Intervenido	177	46	193	32

El experimento de la capacidad utilizada de los pabellones es relativamente óptimo en la utilización de los pabellones de urgencia, aunque se ve una disminución en la capacidad utilizada del pabellón electivo, un aumento del tiempo en el sistema de los pacientes Urgencia y disminución del tiempo de los pacientes electivos, en comparación con el escenario actual.

En el experimento del tiempo de los pacientes en el sistema, el escenario es óptimo en la disminución de tiempo en el sistema de los pacientes electivos y aumentos en los pacientes de urgencia. Pero en ambos casos (electivos y urgencia) la capacidad de utilización aumenta, por ende, el número de pacientes intervenidos también aumenta.

Todos los escenarios desarrollados se ensayaron y los resultados se compararon con la operación existente, concentrándose en el tiempo promedio que se encuentra el paciente en el sistema y la capacidad de utilización de los pabellones, resultando el mejor escenario para ambos casos el número 2, ya que el experimento del tiempo de los pacientes en el sistema, el mejor escenario aumenta en ambos casos la utilización de los pabellones y solo aumenta el tiempo de los pacientes en el sistema.

5.2. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El modelo actual ha sido útil para determinar la utilización de los pabellones quirúrgicos del HDS, además de determinar el tiempo promedio que un paciente se encuentra en el hospital, pudiendo minimizarlo.

Los servicios quirúrgicos requieren de la coordinación de muchas actividades, incluyendo el registro de entrada del paciente, la preparación previa al procedimiento, el procedimiento quirúrgico, y la recuperación.

Dado que algunos datos utilizados en los escenarios eran datos estimados, los resultados de algunos procesos no son tan exactos, pero aun así es factible para poder optimizar los pabellones.

Este modelo puede ser utilizado fácilmente por otros pabellones de distintos hospitales. La utilización actual y análisis de eficiencia realizados no representan con precisión el sistema actual y puede llevar a la administración a sobrestimar el número potencial de pacientes que pueden ser tratados. Esta sobreestimación puede dar como resultado una mala adquisición de recursos, teniendo como resultado una eficacia disminuida. En particular, se encontró que los horarios de llegada de los pacientes, influyen sustancialmente en el tiempo en el sistema del paciente. El enfoque presentado en esta investigación puede ayudar a resolver este problema.

En cuanto a los trabajos futuros, se necesita más investigación en el ámbito de la recopilación y síntesis. Hay pocos datos existentes sobre los procesos realizados dentro del Pabellón.

En primer lugar, parece necesario llevar a cabo más experimentos de simulación, incluyendo factores que también influyen en los valores de las medidas de rendimiento, se necesitan más datos sobre los comportamientos actuales de las entidades, estos no pudieron ser entregados por el hospital ya que no se tiene registro electrónico de ello.

6. REFERENCIAS

- A Jansson; C Delgado. (2000). Optimización del proceso de cirugía en hospitales públicos. Una aplicación de la modelación matemática entera a la prestación de atención quirúrgica en el hospital del Salvador. *Pharos*, (págs. 31 - 62). Santiago.
- Alia Stanciu, Luis Vargas; Jerrold May . (2010). A REVENUE MANAGEMENT APPROACH FOR MANAGING OPERATING ROOM CAPACITY . *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference* , (págs. 2444 - 2454).
- Arnaout, J., & Kulbashian, S. (2008). Maximizing the Utilization of Operating Rooms with Stochastic Times using Simulation. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, (págs. 1617-1623). Miami.
- Ashby, M., Ferrin, D., Miller, M., & Shahi, N. (2008). Discrete event simulation: optimizing patient flow and redesign in a replacement facility. *Winter Simulation Conference 2008*.
- Ballard, S. (2007). Simulation Analysis of Capacity and Scheduling Methods in the Hospital Surgical Suite.
- Ballard, S., & Kuhl, M. (2006). The use of simulation to determine maximum capacity in the surgical suite operating room. *Proceeding of the 2006 Winter Simulation Conference 2006*, (págs. 433- 438).
- Davis, J., & Lowery, J. (2009). Determination of operating room requirements using simulation. *Winter Simulation Conference 2009*, (pág. 1568).
- DEGI. (s.f.). *Departamento de Gestión de la información y Estadísticas SSMO*. Obtenido de <http://degi.saludorient.cl/degidssmo/index.php/informacion-disponible>
- Denton, B., Rahman, A., Bailey, A., & Nelson, H. (2006). Simulation of a Multiple Operating Rooms Surgical Suite. *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, (págs. 414-424). Rochester.
- Fernandez, M. (24 de octubre de 2016). La escasez de recursos humanos impacta en los hospitales provinciales. Obtenido de <http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/la-escasez-de-recursos-humanos-impacta-en-los-hospitales-provinciales>
- Ferreira, R., Coelli, F., Pereira, W., & Almeida, R. (2007). Optimizing patient flow in a large hospital surgical centre by means of discrete-event computer simulation models. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, (págs. 1356-1294). Rio de Janeiro.
- Ferrin, D., Miller, M., Winger, S., & Neuendorf, M. (2004). Analyzing incentives and scheduling in a major Metropolitan hospital operating room through simulation. *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference* .
- Iser, J., Denton, B., & King, R. (2008). Heuristics for Balancing Operating Rooms and Post-Anesthesia Resources Under Uncertainty. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, (págs. 1601-1608). Miami.
- Leiva, J., Fonseca, P., & Ocaña, J. (2011). Modelling surgical pavilions and a unit of anaesthesia on a Chilean hospital using Specification and Description Language. *XIII Conferencia Española*. Barcelona.
- Manuales Series*. (2012 - 2013). Obtenido de http://deis.minsal.cl/deis/REM2012_2013/Manual/09042012/Manual_Series%20REM_%202012_2013.pdf

- Sarah M. Ballard; Michael E. Kuhl. (2006). THE USE OF SIMULATION TO DETERMINE MAXIMUM CAPACITY. *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, (págs. 433-438). Obtenido de <http://www.informs-sim.org/wsc06papers/051.pdf>
- Sargent, R. G. (2005). VERIFICATION AND VALIDATION OF SIMULATION MODELS . *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, (págs. 130-143). Syracuse. Obtenido de <http://informs-sim.org/wsc05papers/014.pdf>
- Servicio de Salud Metropolitano Oriente*. (2017). Obtenido de <http://ssmo.redsalud.gob.cl/>
- Sizenando, P. M., & Pinto, L. R. (Edits.). (s.f.). EMERGENCY MEDICAL SYSTEMS ANALYSIS BY SIMULATION AND OPTIMIZATION. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference* , (págs. 2422- 2432). Obtenido de <http://www.informs-sim.org/wsc10papers/222.pdf>
- Sobolev, B., Harel, D., Vasilakis, C., & Levy, A. (2008). Using the Statecharts paradigm for simulation of patient. *Health Care Manage Sci (2008)*, (págs. 79-86).
- Sonja Reindl; Lars Mönch; Maria Mönch; Andreas Scheider. (2009). MODELING AND SIMULATION OF CATARACT SURGERY PROCESSES. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, (págs. 1937 - 1945). Obtenido de <http://www.informs-sim.org/wsc09papers/186.pdf>
- Toni Ruohonen ; Pekka Neittaanmäki; Jorma Teittinen. (2006). SIMULATION MODEL FOR IMPROVING THE OPERATION OF THE EMERGENCY DEPARTMENT OF. *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, (págs. 453-458). Jyväskylä. Obtenido de <http://www.informs-sim.org/wsc06papers/054.pdf>
- Toni Ruohonen; Pekka Neittaanmäki; Jorma Teittinen. (2006). SIMULATION MODEL FOR IMPROVING THE OPERATION OF THE EMERGENCY DEPARTMENT OF SPECIAL HEALTH CARE. *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, (págs. 453 - 458). Obtenido de <http://www.informs-sim.org/wsc06papers/054.pdf>
- Wolff, P. (2012). *Optimización de los procesos de gestión de pabellones quirúrgicos en hospitales públicos*.
- Wolff, P., Durán, G., & Rey , P. (2012). *Modelos de programación matemática para asignación de pabellones quirúrgicos en hospitales públicos*. Obtenido de <http://www.dii.uchile.cl/~ris/RISXXVI/wolff.pdf>
- Yann Ferrand, Michael Magazine, Uday Rao. (2010). COMPARING TWO OPERATING-ROOM-ALLOCATION POLICIES FOR ELECTIVE AND EMERGENCY SURGERIES. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, (págs. 2364 - 2374). Obtenido de <http://www.informs-sim.org/wsc10papers/217.pdf>

Pangui