

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Aumento del porcentaje de ocupación de camas en un hospital oncológico

INGE-2466

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Gabriel Ernesto Choez Jerez

Juan Sebastián Blacio Santos

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, quien me ha dado la fortaleza y sabiduría necesarias para superar cada reto que se ha presentado en mi camino. A mis padres, Virgilio Choez y Rocío Jerez, cuyo amor, esfuerzo y dedicación han sido el motor que me ha impulsado a salir adelante durante toda mi formación académica. Sin su constante apoyo, este logro no habría sido posible. A mis hermanas, Damaris Choez y María Belén Choez, quienes han sido mi ejemplo a seguir. Sus consejos y su apoyo incondicional han sido fundamentales para mí en cada etapa de este proceso. A mi futura esposa, Betsy Guevara, por estar siempre presente, tanto en los momentos de alegría como en los de dificultad. Tu constante motivación ha sido mi mayor incentivo en cada etapa de mi vida.

Gabriel Ernesto Choez Jerez

Dedicatoria

El presente proyecto es dedicado inicialmente a mi abuelo, que siempre estuvo orgulloso de mi, y con su experiencia y palabras me dio tu apoyo e inspiraron a seguir adelante. Mi madre Carola Santos, mi padre Gustavo Blacio, mis tíos Zaine Santos, Martha Ruiz, Santiago Tohala y mi abuela Marlene Andino. Personas que han estado para mi durante este camino.

Juan Sebastian Blacio Santos

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos para mi madre Carola Santos, que siempre encontró la forma de darme su apoyo para cumplir este objetivo y ha entregado todos sus esfuerzos día tras día. A mi núcleo familiar Zaine, Santiago, Martha, Marlene que son sus palabras, o aporte económico me dieron la oportunidad entrar a esta universidad. De igual manera a mi padre Gustavo Blacio y hermano Jorge, que me dieron su respaldo durante cada decisión. A mis amigos Alexis Álava, José Rivera, Karen Sánchez, Tabata Fuentes, Nicole López, Joseph Borja, José Ramírez, Belén Arias, Max González, Romina Tapia, Yesika Gamarra, Paulo Valarezo, Fernando Zea, Estefano Cochea, Daniela Sánchez, Fanny Pacheco, Karla Ajoy, David Loaiza, Juan Carlos Diab, Juan Diego Bustamante, Carlos de la Gasca. A mis familiares que no están del país, pero siempre pendientes de mí.

Juan Sebastian Blacio Santos

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis profesores de la universidad, quienes con su dedicación y conocimientos me han enseñado y guiado a lo largo de mi formación académica. A mis jefes en el trabajo, por darme la oportunidad de realizar este proyecto y culminar mis estudios universitarios, permitiéndome crecer tanto profesional como personalmente. A la Dra. Elfa Haro y al Dr. Franklin Carofilis, les agradezco por su valiosa cooperación y por brindarme toda la información necesaria para llevar a buen término este proyecto. Finalmente, extiendo mi agradecimiento al PhD Kleber Barcia, mi tutor de tesis, por haberme guiado y orientado con paciencia y sabiduría durante todo este proceso.

Gabriel Ernesto Choez Jerez

Declaración Expresa

Nosotros Gabriel Ernesto Choez Jerez y Juan Sebastián Blacio Santos acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

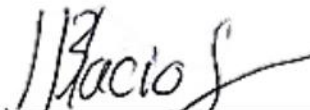
La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 5 de septiembre del 2024.



Gabriel Ernesto Choez Jerez



Juan Sebastián Blacio Santos

Evaluadores

PhD María Denise Rodríguez Zurita

Profesor de Materia

PhD Kleber Fernando Barcia Villacreses

Tutor de proyecto

Resumen

La cama hospitalaria es uno de los recursos más importantes de un hospital pues tiene costos fijos de mantenimiento, infraestructura y personal necesarios para mantener la operatividad de la cama. En el presente proyecto se analiza el proceso de hospitalización de pacientes del área de yodoterapia de un hospital oncológico de la ciudad de Guayaquil, cuyo porcentaje de ocupación de camas ha sido en promedio de 39.91% desde agosto del 2022, sin embargo, el mínimo esperado por la institución es del 85%. Utilizando la metodología DMAIC se busca incrementar este porcentaje de ocupación. Primero, se recolectaron datos y se identificaron las causas raíz del problema. Luego, se propusieron soluciones que fueron simuladas en el software FlexSim para evaluar los resultados. Entre las principales soluciones propuestas se automatizó la creación del certificado médico, se creó un programa de capacitación a las enfermeras para medir la radiactividad y se establecieron políticas para los días de estancia del paciente. Con estas mejoras se logra incrementar el porcentaje de ocupación de camas a un 55.32%, aumentar el número de altas a 34 pacientes por mes y reducir el costo por tener las camas vacías a \$2,960 mensuales.

Palabras Clave: DMAIC, Yodoterapia, FlexSim, Radiactividad, Simulación.

Abstract

The hospital bed is one of the most important resources in a hospital due to its fixed costs related to maintenance, infrastructure, and personnel required to keep the bed operational. This project analyzes the hospitalization process of patients in the iodine therapy area of an oncology hospital in Guayaquil, where the bed occupancy rate has averaged 39.91% since August 2022, while the institution's minimum expected rate is 85%. Using the DMAIC methodology, this study aims to increase the bed occupancy rate. First, data was collected, and the root causes of the problem were identified. Then, solutions were proposed and simulated using FlexSim software to evaluate the outcomes. Among the main proposed solutions were the automation of the creation of medical certificates, the development of a training program for nurses to measure radioactivity, and the establishment of policies for the patient's days of stay. These improvements resulted in an increase in bed occupancy to 55.32%, an increase in the number of discharges to 34 patients per month, and a reduction in the cost of having empty beds to \$2,960 per month.

Keywords: DMAIC, Iodine therapy, FlexSim, Radioactivity, Simulation.

Índice general

| | |
|--|------|
| Resumen..... | I |
| <i>Abstract</i> | II |
| Índice general..... | III |
| Abreviaturas..... | VI |
| Simbología..... | VII |
| Índice de figuras..... | VIII |
| Índice de tablas..... | X |
| Capítulo 1..... | 1 |
| 1. Introducción..... | 2 |
| 1.1 Descripción del problema..... | 2 |
| 1.2 Definición del problema..... | 5 |
| 1.3 Justificación del problema..... | 5 |
| 1.4 Objetivos..... | 7 |
| 1.4.1 Objetivo general..... | 7 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 7 |
| 1.5 Marco teórico..... | 7 |
| 1.5.1 Definición..... | 9 |
| 1.5.2 Prototipo..... | 10 |
| Capítulo 2..... | 11 |
| 2. Metodología..... | 12 |
| 2.1 Definición..... | 13 |
| 2.1.1 CTQ tree..... | 13 |
| 2.1.2 Triple bottom line y objetivo de desarrollo sostenible (ODS)..... | 14 |
| 2.1.3 Descripción del proceso..... | 16 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.1.4 | Alcance | 18 |
| 2.1.5 | Restricciones | 18 |
| 2.1.6 | Análisis de valor | 19 |
| 2.1.7 | Plan de recolección de datos | 19 |
| 2.2 | Medición..... | 20 |
| 2.2.1 | Esquema de muestreo | 20 |
| 2.2.2 | Toma de muestras | 21 |
| 2.2.3 | Confiabilidad de los datos..... | 30 |
| 2.2.4 | Estratificación | 34 |
| 2.2.5 | Análisis de estabilidad y capacidad | 35 |
| 2.3 | Análisis..... | 38 |
| 2.3.1 | Lluvia de ideas de las causas potenciales | 38 |
| 2.3.2 | Diagrama de Ishikawa..... | 38 |
| 2.3.3 | Diagrama de Pareto para causas | 41 |
| 2.3.4 | Verificación de causas | 43 |
| 2.3.5 | Causas potenciales | 49 |
| 2.3.6 | Soluciones potenciales | 50 |
| 2.4 | Implementación..... | 50 |
| 2.4.1 | Simulación de la situación real | 51 |
| 2.4.2 | Verificación y validación de la simulación..... | 54 |
| 2.4.3 | Análisis de costos de las soluciones propuestas | 60 |
| 2.4.4 | Matriz de impacto-esfuerzo de las soluciones | 61 |
| 2.4.5 | Plan de implementación..... | 62 |
| 2.4.6 | Implementación de soluciones..... | 63 |
| 2.4.7 | Comparación del mejor escenario en FlexSim | 73 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| 2.5 | Control..... | 75 |
| 2.5.1 | Plan de control | 76 |
| 2.5.2 | Análisis de estabilidad y capacidad luego de la implementación | 78 |
| 2.5.3 | Triple bottom line luego de la implementación de soluciones | 80 |
| Capítulo 3..... | | 82 |
| 3. | Resultados y análisis | 83 |
| 3.1 | Análisis estadístico | 83 |
| 3.2 | Análisis financiero..... | 85 |
| Capítulo 4..... | | 86 |
| 4. | Conclusiones y recomendaciones | 87 |
| 4.1 | Conclusiones | 87 |
| 4.2 | Recomendaciones..... | 88 |

Abreviaturas

ANOVA Análisis de Varianza

CTQ Critical to Quality

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

ODS Objetivo de Desarrollo Sostenible

TSH Hormona Estimulante de la Tiroides

VOC Voice of Customer

Simbología

| | |
|------|------------------------|
| mCi | Milicurios |
| mU/L | Miliunidades por litro |

Índice de figuras

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | <i>Serie de tiempo del porcentaje de ocupación de camas en yodoterapia</i> | 4 |
| Figura 2 | <i>Tendencia de tumor maligno de la glándula tiroides en Guayaquil</i> | 6 |
| Figura 3 | <i>Árbol de variables críticas para la calidad (CTQ)</i> | 14 |
| Figura 4 | <i>Diagrama SIPOC</i> | 18 |
| Figura 5 | <i>Plan de recolección de datos</i> | 20 |
| Figura 6 | <i>Esquema de muestreo</i> | 21 |
| Figura 7 | <i>Tiempos de limpieza por cama en yodoterapia</i> | 26 |
| Figura 8 | <i>Diagrama de cajas de los días de estancia promedio de la muestra y el histórico</i> 31 | |
| Figura 9 | <i>Diagrama de cajas del total de días paciente histórico y valor objetivo</i> | 32 |
| Figura 10 | <i>Diagrama de cajas de las camas disponibles de la muestra y el histórico</i> | 33 |
| Figura 11 | <i>Porcentaje de pacientes en yodoterapia según su diagnóstico</i> | 35 |
| Figura 12 | <i>Gráficas de control y prueba de normalidad de la variable de salida</i> | 36 |
| Figura 13 | <i>Informe de análisis de capacidad de la variable de salida</i> | 37 |
| Figura 14 | <i>Lluvia de ideas realizada con el equipo de la institución</i> | 38 |
| Figura 15 | <i>Diagrama de Ishikawa</i> | 39 |
| Figura 16 | <i>Diagrama de Pareto con la influencia de las causas</i> | 41 |
| Figura 17 | <i>Matriz impacto esfuerzo con las causas</i> | 42 |
| Figura 18 | <i>Diagrama de cajas de días que se da tratamiento por mes</i> | 44 |
| Figura 19 | <i>Validación de causas con médico jefe de medicina nuclear</i> | 45 |
| Figura 20 | <i>Diagrama de cajas de los tiempos de realización del certificado médico</i> | 47 |
| Figura 21 | <i>Gráfica de contornos de porcentaje de ocupación de camas</i> | 48 |
| Figura 22 | <i>Gráfica de probabilidad para los tiempos de consulta</i> | 53 |
| Figura 23 | <i>Diseño de simulación en FlexSim (planta baja)</i> | 55 |
| Figura 24 | <i>Diseño de simulación en FlexSim (planta alta)</i> | 55 |
| Figura 25 | <i>Modelo de simulación en FlexSim</i> | 56 |
| Figura 26 | <i>Pacientes atendidos versus tiempo (real)</i> | 57 |
| Figura 27 | <i>Porcentaje de ocupación de camas (real)</i> | 57 |
| Figura 28 | <i>Diagrama de porcentajes de ocupación de camas (real)</i> | 58 |
| Figura 29 | <i>Curvas características de operación</i> | 59 |
| Figura 30 | <i>Matriz de impacto esfuerzo con soluciones propuestas</i> | 62 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 31 | <i>Diagrama de Gantt para la implementación de las soluciones</i> | 64 |
| Figura 32 | <i>Correo del proveedor indicando que por feriado no hay entrega de yodo</i> | 65 |
| Figura 33 | <i>Cambio en FlexSim para reagendamientos por proveedor del proveedor</i> | 67 |
| Figura 34 | <i>Creación de evento en calendario de Google</i> | 68 |
| Figura 35 | <i>Ejemplo de técnica para medición de niveles radioactivos de los clientes</i> | 69 |
| Figura 36 | <i>Syllabus de la capacitación por parte del oficial de seguridad radiológica</i> | 69 |
| Figura 37 | <i>Cambio en FlexSim para reagendamiento por feriados Ecuador</i> | 70 |
| Figura 38 | <i>Distribución de los tiempos de creación del certificado médico con mejora</i> | 71 |
| Figura 39 | <i>Infografía con recomendaciones postratamiento para yodoterapia</i> | 72 |
| Figura 40 | <i>Distribución de los días de estancia de pacientes con altas dosis</i> | 73 |
| Figura 41 | <i>Diagrama de cajas de comparación de escenarios</i> | 75 |
| Figura 42 | <i>Carta de control para los tiempos del certificado médico</i> | 76 |
| Figura 43 | <i>Carta de control para los días de estancia del paciente</i> | 77 |
| Figura 44 | <i>Carta de control para porcentaje de ocupación de camas</i> | 78 |
| Figura 45 | <i>Grafica de control de ocupación de camas con mejoras implementadas</i> | 79 |
| Figura 46 | <i>Análisis de capacidad luego de la implementación</i> | 80 |
| Figura 47 | <i>Diferencias entre escenarios utilizando el método de Bonferroni</i> | 83 |
| Figura 48 | <i>Intervalos de confianza simultáneos de Bonferroni</i> | 83 |
| Figura 49 | <i>Pacientes atendidos versus tiempo (con mejoras)</i> | 84 |
| Figura 50 | <i>Porcentaje de ocupación de camas (con mejoras)</i> | 84 |

Índice de tablas

| | | |
|----------|--|----|
| Tabla 1 | <i>Lista de equipos de protección descartables de yodoterapia</i> | 15 |
| Tabla 2 | <i>Reagendamientos de citas de pacientes según su diagnóstico</i> | 22 |
| Tabla 3 | <i>Dosis de yodo radiactivo (I-131) administrada a los pacientes</i> | 23 |
| Tabla 4 | <i>Días que se da tratamiento de yodoterapia entre mayo y junio 2024</i> | 25 |
| Tabla 5 | <i>Bitácora de limpieza de Yodoterapia</i> | 26 |
| Tabla 6 | <i>Registro de los días de hospitalización de los pacientes en yodoterapia</i> | 28 |
| Tabla 7 | <i>Registro del número de camas disponibles en yodoterapia</i> | 29 |
| Tabla 8 | <i>Indicadores hospitalarios de yodoterapia (enero 2021 – abril 2024)</i> | 30 |
| Tabla 9 | <i>Descripción de calificación para valores de tabla priorización de causas</i> | 39 |
| Tabla 10 | <i>Calificación de influencia de las causas por parte del equipo del hospital</i> | 40 |
| Tabla 11 | <i>Listado de causas con mayor influencia en la variable de salida</i> | 41 |
| Tabla 12 | <i>Plan de verificación de causas</i> | 42 |
| Tabla 13 | <i>Tiempo para completar el certificado médico</i> | 46 |
| Tabla 14 | <i>ANOVA para la ocupación de camas e ingresos de pacientes</i> | 49 |
| Tabla 15 | <i>Herramienta 5 porqués de causas potenciales</i> | 49 |
| Tabla 16 | <i>Soluciones potenciales para causas raíz</i> | 50 |
| Tabla 17 | <i>Porcentajes de arribos de pacientes a consulta en yodoterapia</i> | 51 |
| Tabla 18 | <i>Prueba de bondad de ajuste para los tiempos de consulta</i> | 53 |
| Tabla 19 | <i>Distribuciones de las variables de entrada para simulación</i> | 54 |
| Tabla 20 | <i>Réplicas de porcentaje de ocupación de camas (real)</i> | 58 |
| Tabla 21 | <i>Análisis de costos total de cada solución propuesta</i> | 60 |
| Tabla 22 | <i>Lista de soluciones propuestas</i> | 61 |
| Tabla 23 | <i>Lista de feriado del país del proveedor</i> | 65 |
| Tabla 24 | <i>Número de feriados y pacientes reagendados por mes en 2023</i> | 66 |
| Tabla 25 | <i>Porcentaje de pacientes reagendados y tiempo de espera por mes en 2023</i> | 66 |
| Tabla 26 | <i>Porcentaje de reagendados y días de espera por acciones del proveedor e institución</i> | 67 |
| Tabla 27 | <i>Tiempos de creación del certificado médico automatizado</i> | 70 |
| Tabla 28 | <i>Codificación de escenarios para análisis de resultados</i> | 74 |
| Tabla 29 | <i>Resultados de implementación en Flexsim</i> | 74 |

| | |
|---|----|
| Tabla 30 <i>Equipo de protección descartado al mes en yodoterapia (antes soluciones)</i> | 81 |
| Tabla 31 <i>Equipo de protección descartado al mes en yodoterapia (después soluciones)</i> | 81 |
| Tabla 32 <i>Análisis de costo de las soluciones aplicadas al proyecto</i> | 85 |

Capítulo 1

1. Introducción

Uno de los objetivos principales de los establecimientos de salud es la optimización de sus recursos humanos, económicos, farmacéuticos e infraestructurales, por lo que constantemente se encuentran evaluando los indicadores de gestión hospitalaria, los cuales les ayudan a la toma de decisiones gerenciales efectivas (González & Barrios, 2007). En este contexto, el recurso más importante sobre el cuál se miden varios indicadores hospitalarios es el recurso de cama hospitalaria, que según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2020) una cama hospitalaria es aquella instalada para el uso regular de pacientes hospitalizados que implica recursos de personal, espacio, equipos y material para la atención del paciente.

Entre los indicadores hospitalarios relacionados con la productividad y la eficiencia del recurso cama se tiene el porcentaje de ocupación de camas, que mide la relación existente entre los días-cama que ofrece el hospital y la utilización en días, que hace el paciente de la cama que ocupa (García Servén, 1993). La importancia de evaluar este indicador repercute en la rentabilidad financiera del hospital, ya que tener una cama hospitalaria desocupada representa un costo fijo para la institución y el estado que la financia.

En este contexto, el presente proyecto propone analizar el porcentaje de ocupación de camas de un hospital oncológico de la ciudad de Guayaquil, específicamente para el área de yodoterapia que ofrece el servicio de tratamiento con yodo radiactivo.

1.1 Descripción del problema

La empresa donde se realiza este proyecto es un hospital oncológico en Guayaquil–Ecuador. Básicamente es una institución sin fines de lucro dedicada a la lucha contra el cáncer, que ofrece servicios de diagnóstico, tratamiento, y rehabilitación oncológica. Esta institución se destaca por su compromiso en la investigación, la educación y el apoyo social,

asegurando acceso a tratamientos para pacientes de escasos recursos. Dentro de sus principales servicios se encuentran:

- Oncología Pediátrica
- Radioterapia
- Quimioterapia
- Medicina Nuclear (Gammagrafía, Yodoterapia y PET Scan)
- Centro de Diagnóstico Preventivo
- Unidad de Trasplante de Médula Ósea

Al ser una institución del área de la salud, supervisa constantemente sus indicadores hospitalarios, y uno de los más importantes a la hora de evaluar la productividad de sus áreas es el porcentaje de ocupación de camas, que como se muestra en la ecuación 1.1, se calcula con el total de días paciente que se define como el conjunto de servicios brindados a un paciente hospitalizado en un período de 0 a 24 horas de un día censal; entre los días camas disponibles que son el período de 24 horas en el que una cama de hospital se mantiene a disposición para el uso de pacientes internados (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2002).

$$Y = \frac{\text{Total de días_pacientes en el mes}}{\text{Total días_camias disponibles en el mes}} = \frac{\sum_{p \in P} X_{pi}}{B_i D_i}, \forall i \in I \quad (1.1)$$

En donde:

I : Conjunto de meses

P_i : Conjunto de pacientes que recibieron el tratamiento en el mes i

B_i : Número de camas disponibles en el mes i

D_i : Numero de días en el mes i

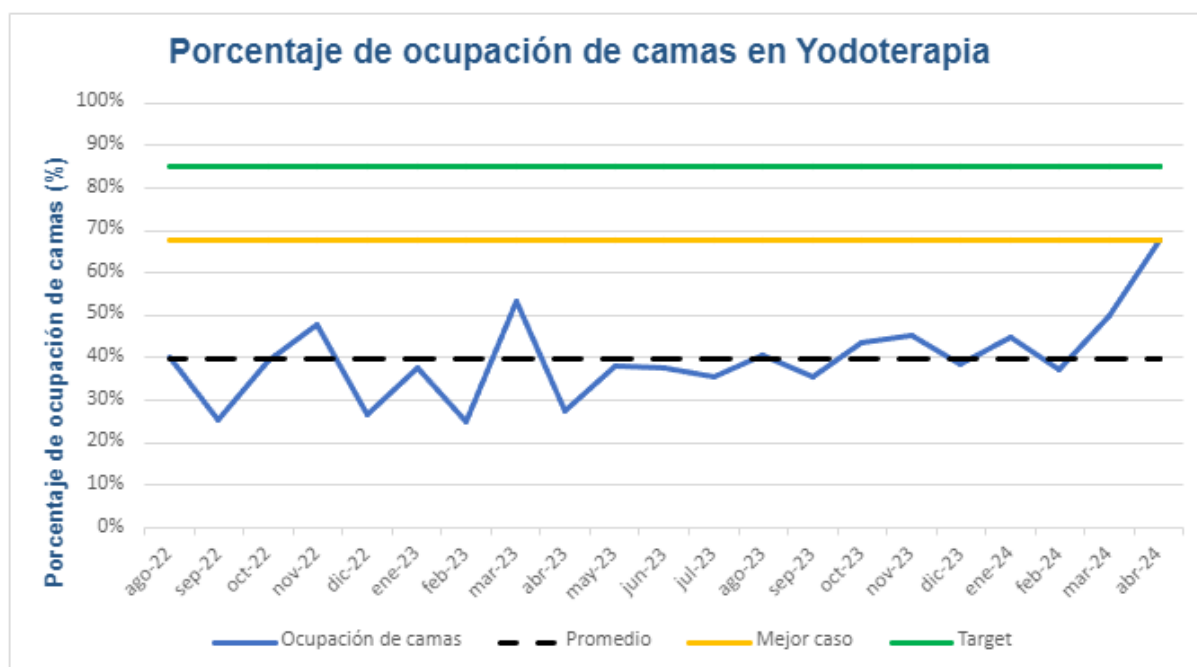
X_{pi} : Numero de dias que el paciente p permaneció hospitalizado en

una cama durante el mes i

En este contexto, este proyecto se enfoca en analizar el porcentaje de ocupación de camas específicamente para el área de yodoterapia, la cual ha tenido un porcentaje de ocupación de camas promedio de 39.91% desde agosto del 2022 hasta abril del 2024, como se observa en la figura 1.

Figura 1

Serie de tiempo del porcentaje de ocupación de camas en yodoterapia



Nota. La grafica muestra el porcentaje de ocupación de camas en yodoterapia desde agosto 2022 hasta abril 2024.

Sin embargo, el estándar de la institución es tener un porcentaje de ocupación de camas del 85% en todas sus áreas, asegurando que haya suficiente capacidad para manejar picos de demanda repentinos para situaciones de emergencia.

Es así que, la situación actual presenta una brecha de 45.09% entre el porcentaje de ocupación promedio actual (39.91%) y el porcentaje de ocupación esperado por la institución (85%), esta brecha representa una oportunidad de mejora sobre la cual se puede trabajar.

1.2 Definición del problema

Baja tasa de ocupación de camas en el área de hospitalización de yodoterapia desde el mes de agosto del 2022 con un promedio de 39.91% en ocupación de camas; sin embargo, el estándar de la institución es tener un porcentaje de ocupación de camas de al menos el 85%.

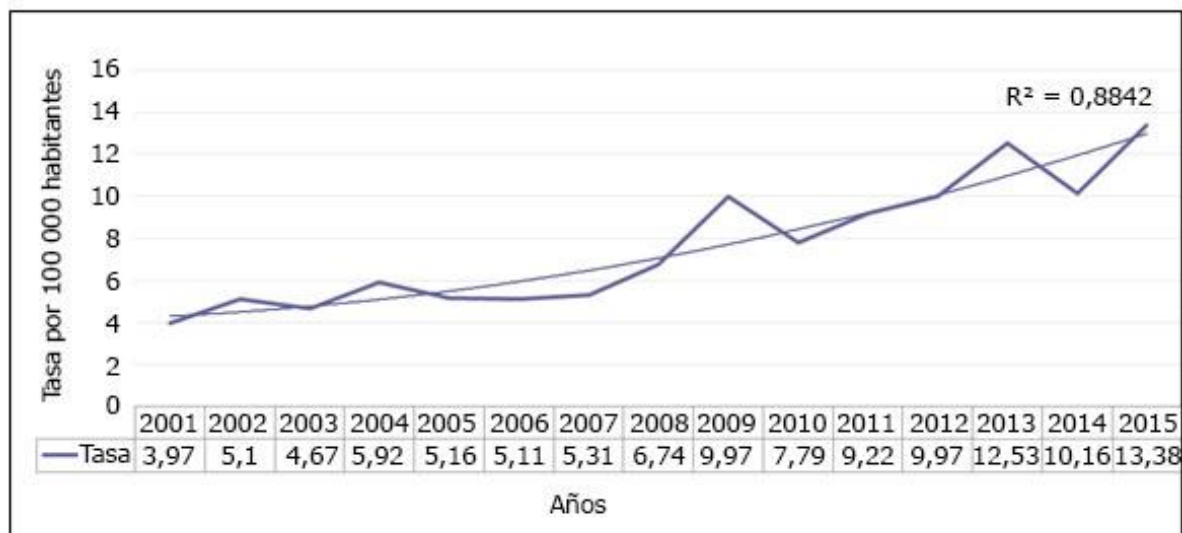
1.3 Justificación del problema

En septiembre del 2023 se llevó a cabo el Primer Simposio Internacional de Cáncer de Tiroides y Metabolismo en la ciudad de Quito - Ecuador, en donde el Dr. Raúl Puente, Médico jefe de Docencia de Solca Quito, señaló que "en los últimos años, el diagnóstico de cáncer de tiroides en mujeres jóvenes de entre 20 y 28 años, así como en mayores de 40, ha aumentado en la ciudad de Quito" (SOLCA , 2023). Además, destacó que esta patología oncológica ocupa el tercer lugar en incidencia en Ecuador y presenta un aumento en los diagnósticos, similar a países como Estados Unidos, Canadá, Australia y Europa.

Esta información se evidencia en los datos de la figura 2, en donde se observa cómo ha incrementado la tasa de pacientes con tumor maligno de la glándula tiroides en Guayaquil entre los años 2001 y 2015. (Real-Cotto, Quinto-Briones, Tanca-Campoano, Puga-Peña, & Jaramillo-Feijoo, 2022). Este incremento en la demanda de pacientes con diagnóstico de cáncer de tiroides implica que las instituciones de salud que ofrecen terapia con yodo radiactivo tengan la capacidad suficiente de personal, recursos y material.

Figura 2

Tendencia de tumor maligno de la glándula tiroides en Guayaquil



Nota. Periodo 2001-2015, Fuente: Registro / Tumores de Solca Guayaquil.

Por un lado, es necesario que las instituciones que ofrecen yodoterapia tengan camas suficientes para atender la alta demanda de pacientes, pero por otro lado tampoco es lo ideal contar con demasiadas camas que excedan la cantidad de pacientes que llegar a recibir tratamiento con yodo radiactivo.

Es importante indicar que las camas hospitalarias son un recurso que tienen asociados costos de personal, mantenimiento y materiales, pues, aunque no se reciban pacientes, se incurren en estos costos fijos para la institución, y precisamente esta es la razón por la cual tener un bajo porcentaje de ocupación de camas no es lo ideal.

Este proyecto analiza las causas por las cuales se tiene un bajo porcentaje de ocupación de camas en el área de yodoterapia de un hospital oncológico de la ciudad de Guayaquil, abordando las perspectivas de los pacientes, médicos, tecnólogos y demás profesionales de la salud que intervienen en este proceso.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Incrementar el porcentaje de ocupación de camas en el área de hospitalización de yodoterapia de 39.91% al 62.5% en un período de 3 meses.

1.4.2 *Objetivos específicos*

1. Levantar el proceso de hospitalización de yodoterapia a través de reuniones con el personal involucrado analizando la situación actual del proceso y revisando las actividades que agregan y no agregan valor.
2. Realizar un análisis de causa-efecto mediante la herramienta de Ishikawa y de los 5 por qué encontrando las causas raíz del problema y proponiendo soluciones para mejorarlo.
3. Simular la situación actual del proceso utilizando la herramienta FlexSim determinando qué posibles soluciones propuestas tienen un mayor impacto sobre la variable de salida.

1.5 Marco teórico

Si las personas que padecen cáncer tiroideo papilar o folicular que se ha propagado al cuello o a otras partes del cuerpo, acceden a la terapia con yodo radioactivo, este tratamiento que es una práctica convencional para los casos mencionados podría vivir por más tiempo. Aunque, la terapia con yodo radioactivo no afecta mucho a los pacientes con cánceres pequeños de la glándula tiroides que no tienen señales de haberse esparcido y se suele extirpar completamente con cirugía. Esta terapia no es aplicable para otros cánceres como carcinomas tiroides anaplásicos ni los medulares, debido a que estos tipos de cáncer no absorben el yodo (American Cancer Society, 2020). Para que la eficacia del yodo 131 sea la correcta va a depender de la capacidad de captación y retención del tejido tumoral. Si por

cada gramo de tejido tiroideo hay 0.5% de yodo 131 la captación tumoral es efectiva, con una vida promedio biológica de cuatro días (Medina-Ornelas, García-Pérez, & Granados-García, 2018).

Para que la eficacia del yodo 131 sea la correcta va a depender de la capacidad de captación y retención del tejido tumoral. Si por cada gramo de tejido tiroideo hay 0.5% de yodo 131 la captación tumoral es efectiva, con una vida promedio biológica de cuatro días (Medina-Ornelas, García-Pérez, & Granados-García, 2018).

Naturalmente el yodo del cuerpo es absorbido por la glándula tiroides. Gracias a esto se puede utilizar el yodo radioactivo (I-131) como tratamiento del cáncer de tiroides. El I-131 se acumula comúnmente en las células de la tiroides, donde la radiación dentro de este elemento va destruyendo la glándula tiroides incluyendo las células cancerosas que absorben el yodo, afectando en poca proporción al resto del cuerpo. En este caso la dosis de radiación que se aplica que es mucho más potente en comparación a las gammagrafías con I-131 (American Cancer Society, 2020).

Las fallas en la administración de un hospital suelen estar relacionadas con la falta de información y la gestión ineficiente de los recursos. Un hospital se puede considerar como un sistema complejo que maneja una gran cantidad de personal asistencial, talento humano y materiales. Este proceso administrativo está influenciado por políticas presupuestarias internas, que buscan optimizar los recursos, reducir costos, aumentar la competitividad y proporcionar la mejor atención posible a los pacientes. Por lo tanto, el objetivo principal de una estructura organizativa es mejorar la admisión de pacientes, reducir la duración de su estancia y maximizar la calidad del tratamiento (Uribe Gómez & Barrientos Gómez, 2020).

En resumen, determinar el número óptimo de camas en un hospital que pueda adaptarse a una demanda variable sigue siendo un desafío en la administración de la salud.

Este problema afecta a las áreas responsables de la planificación de la capacidad hospitalaria, un problema común en el sector de la salud (Uribe Gómez & Barrientos Gómez, 2020).

En esencia, los indicadores de salud son características cuantificables de una población que los investigadores utilizan como evidencia para evaluar la salud de dicha población. Estos indicadores, tanto demográficos como económicos, abarcan muchos aspectos del ámbito de la salud en todos los niveles (Uribe Gómez & Barrientos Gómez, 2020).

1.5.1 Definición

CTQ (Critical to Quality) es un elemento o característica crucial de un producto o servicio que afecta de manera significativa la satisfacción del cliente y el cumplimiento de los estándares de calidad. Para que un cliente considere que un producto o servicio es de calidad, es esencial que los factores CTQ se cumplan de manera excelente. La identificación y comprensión de estos factores son vitales para mejorar tanto la calidad como la satisfacción del cliente. CTQ se utiliza para identificar las características de un producto o servicio que tienen un impacto significativo en la satisfacción del cliente y en el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos (Sérgio & Eusébio, 2019).

Para la etapa de la definición e identificación del problema en el proceso y encontrar la estrategia que quiere aplicar la institución, es importante tomar en cuenta la voz e ideas del cliente ya sea interno o externo. La herramienta Voice of Customer (VOC) aparte definir el problema principal del negocio, se aplica en “critical to quality” .

Los diagramas de Gantt son herramientas gráficas y visuales valiosas para la planificación y programación de la carga de trabajo y las operaciones en cualquier tipo de organización, ya sea productiva o social. Esta técnica, desarrollada por Henry Gantt a finales del siglo XIX, lleva su nombre. Sin embargo, los diagramas de Gantt tienen algunas

limitaciones importantes, como no considerar la variabilidad de las operaciones ni los problemas que pueden surgir por fallos y averías de equipos. Por esta razón, es necesario actualizarlos constantemente para que sean efectivos (Terrazas Pastor, 2011).

La investigación que realizó García y Montenegro (2021) busca optimizar los procesos que presentan deficiencias en la gestión de los recursos, utilizando el simulador FlexSim Healthcare, una extensión de FlexSim que permite analizar todos los componentes del proceso de abastecimiento, específicamente en el área de recepción, área de inventario y en el área de clínica.

1.5.2 Prototipo

FlexSim es un software de simulación totalmente adaptable y orientado a gráficos que combina el modelado, la simulación, y la animación en un entorno tridimensional orientado a objetos, utilizando funciones como "arrastrar, soltar y conectar". En un sistema de simulación, se genera un flujo discreto o continuo empleando objetos de modelado predefinidos, que son elementos básicos y completamente parametrizados para la creación de modelos (Zhu, Zhang, Chu, He, & Li, 2014).

Capítulo 2

2. Metodología

La filosofía Lean Six Sigma promueve la mejora continua de los procesos y emplea la metodología DMAIC como una herramienta científica para resolver problemas. En DMAIC, se definen los objetivos de la mejora, se mide el proceso existente, se analiza para cerrar la brecha entre el rendimiento actual y el objetivo deseado, se implementan mejoras y se controla el nuevo proceso. El uso de DMAIC ha permitido alcanzar metas mediante acciones sencillas pero impactantes y de bajo costo (Norhazrina, et al., 2020).

DMAIC es un método de cinco etapas utilizado para abordar problemas complejos y mejorar procesos. Involucra la definición clara del problema, la determinación del rendimiento de referencia del proceso mediante la recopilación de datos, el análisis de las causas fundamentales de los problemas, la implementación de soluciones y el establecimiento de medidas de control para mantener las mejoras. En resumen, DMAIC proporciona una guía confiable para fomentar la mejora continua en las organizaciones (Norhazrina, et al., 2020).

Consta de cinco etapas: definir, medir, analizar, implementar y controlar. En la fase de definir, se identifican los problemas y oportunidades de mejora. Luego, en Medir, se recopila información con datos relevantes. En analizar implica examinar la información recolectada. A continuación, en implementar, se aplican mejoras a los procesos. Finalmente, en controlar, se supervisan y ajustan los procesos. Lo fundamental de esta metodología, la toma de decisiones basada en datos y la participación de la dirección (Norhazrina, et al., 2020).

Esta metodología se implementó en un periodo de 4 meses, con la ayuda del equipo de trabajo del área de yodoterapia, solicitando datos históricos con los permisos necesarios de la institución y trabajando en conjunto de la medico jefa del área, esto permitió que la información recolectada sea lo más confiable posible.

2.1 Definición

En la primera etapa del proyecto se identificó el equipo de trabajo, en el cual están los líderes del proyecto (estudiantes), el tutor de la universidad y el Médico jefe del área de Medicina Nuclear.

Con el equipo de trabajo definido, se determinaron los Voice of Customer (VOC) de todas las personas que intervienen en el proceso, como los pacientes, licenciadas de enfermería, doctores, tecnólogos y el personal administrativo.

Entre los principales comentarios o ideas que se recolectaron aparecieron:

- **Pacientes:** “Hay una lista de espera de 2 meses para recibir el tratamiento”.
- **Licenciadas en enfermería:** “Se debería mejorar la planificación de citas para tratamiento”.
- **Doctores/ Tecnólogos:** “Las antiguas instalaciones de Medicina Nuclear contaban con 10 camas, actualmente hay 6 camas”.
- **Equipo administrativo:** “Problemas de logística del proveedor podrían provocar que el yodo llegue con menos niveles de radiactividad”.

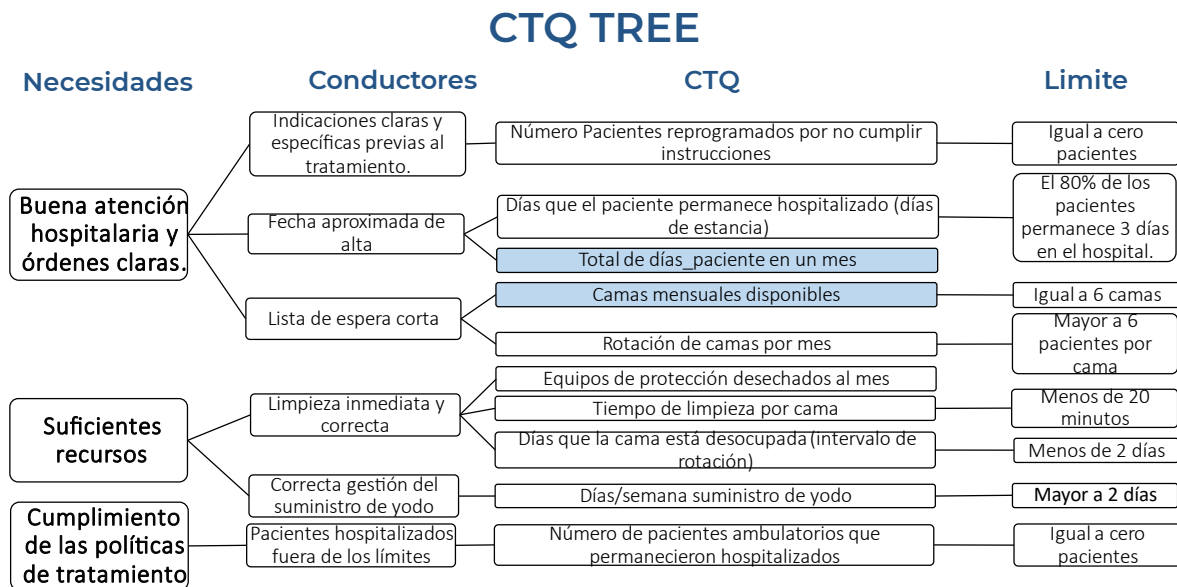
Luego, todas estas ideas fueron clasificadas en tres grupos según su afinidad, los cuales son atención hospitalaria buena y órdenes claras, recursos suficientes, y cumplimiento de las políticas para el tratamiento. Esta clasificación ayudó a identificar las características clave que el personal involucrado considera importantes en el proceso a través de la herramienta del CTQ.

2.1.1 CTQ tree

Se procede a tomar las necesidades del VOC de los clientes claves, para luego convertirlas en especificaciones técnicas de diseño con la herramienta Critical to Quality (CTQ).

Figura 3

Árbol de variables críticas para la calidad (CTQ)



Nota. Traduce las necesidades del cliente a variables cuantificables.

En figura 3 se observan los valores límites para cada uno de los CTQ's, por ejemplo, se determinó que el número de pacientes reprogramados por no cumplir con instrucciones previas al tratamiento debe ser igual a cero. Así mismo, dentro del CTQ Tree se muestran las variables de total de días_paciente y camas disponibles, con las que se calcula la variable de salida de porcentaje de ocupación de camas; adicionalmente se muestran las variables con las cuales se determinaron los indicadores para el triple bottom line.

2.1.2 Triple bottom line y objetivo de desarrollo sostenible (ODS)

El triple bottom line hace referencia a los indicadores que ayudarán a medir el impacto de las mejoras propuestas en la parte social, económica y medioambiental.

Para el indicador económico se midió el costo de tener las camas vacías al mes, el cual se calcula multiplicando el costo fijo diario de tener una cama hospitalaria disponible por el intervalo de giro al mes, que indica el número de días promedio que una cama permaneció desocupada, como se observa en la ecuación 2.1.

$$\text{Costo de tener cama desocupada} = \left(\frac{\text{Costo fijo}}{\text{día}} \right) \times (\text{Intervalo de giro}) \quad (2.1)$$

Usando la ecuación 2.1 se obtiene el costo de tener la cama desocupada, como se detalla a continuación:

$$\text{Costo de tener cama desocupada} = \left(\frac{\$ 1\,213.15}{\text{día}} \right) \times 6.33 \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Costo de tener cama desocupada} = \$ 7\,679.26 \text{ por mes}$$

Por otro lado, para el indicador social se estimó el número de pacientes dados de alta por mes, el cual puede calcularse multiplicando el giro de cama por las camas disponibles al mes, como se detalla en la ecuación 2.2.

$$\text{Nro de pacientes dados de alta} = (\text{Giro de cama}) \times \left(\frac{\text{Camas disponibles}}{\text{mes}} \right) \quad (2.2)$$

Usando la ecuación 2.2 se obtuvo el número de pacientes dados de alta por mes, como se detalla a continuación:

$$\text{Nro de pacientes dados de alta} = 3.2 \left(\frac{\text{pacientes}}{\text{cama}} \right) \times 6.97 \left(\frac{\text{camas}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Nro de pacientes dados de alta} = 22.5 \text{ pacientes por mes}$$

Para el indicador medioambiental se tomaron registros de los equipos de protección utilizados para el tratamiento y que luego son descartados, obteniéndose los resultados de la siguiente tabla:

Tabla 1

Lista de equipos de protección descartables de yodoterapia

| Equipo/ Material | Unidades al mes |
|---|-----------------|
| Rollo de papel film | 1 |
| Fundas desechables (Rojas) | 30 |
| Sorbete de plástico | 22 |
| Guantes de nitrilo (administración de limpieza) | 360 |
| Jeringuillas (10cc/5cc) | 45 |

Es importante indicar que, para calcular los indicadores del triple bottom line, se consideraron los datos del registro estadístico del área de yodoterapia entre los años 2021 y 2023.

Finalmente, el ODS que se pretende abordar con el proyecto es el objetivo número 8 que trata sobre promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2016).

2.1.3 Descripción del proceso

A continuación, se detalla el proceso actual que se levantó en el área de yodoterapia con la ayuda del personal que interviene en el mismo. Este proceso comienza cuando el paciente llega a la institución y entrega la placa de biopsia para revisión patológica y se realiza una gammagrafía tiroidea si es paciente con hipertiroidismo. Cuando están listos los resultados de los exámenes, la secretaria le agenda una cita para consulta por primera vez. El día de la consulta el paciente es atendido por un médico tratante, el cuál determina la actividad terapéutica de yodo radiactivo que se le suministrará al paciente según su edad, género, hallazgos histopatológicos, hallazgos imagenológicos, antecedentes familiares y exposicionales. La dosis puede variar, para hipertiroidismo entre 10 mCi y 30 mCi y para cáncer diferenciado de tiroides entre 30 mCi y 200 mCi. Durante la consulta, el médico tratante le explica al paciente la preparación para el tratamiento, que entre otras cosas incluye:

- Seguir una alimentación especial específica durante dos semanas antes del tratamiento.
- Para el cáncer de tiroides, debe realizarse una semana antes del tratamiento los siguientes exámenes de laboratorio: hormona estimulante de la tiroides (TSH), tiroglobulina y anticuerpos tiroglobulínicos.
- Suspender la levotiroxina un mes antes del tratamiento (pacientes con cáncer de tiroides).

- Suspender el metimazol una semana antes del tratamiento (pacientes con hipertiroidismo).
- Mujeres en edad fértil deben realizarse prueba de embarazo en sangre 72 a 24 horas antes de terapia.

Dos semanas antes del día del tratamiento, la licenciada de enfermería llama al paciente para confirmar que ha seguido las indicaciones previas al tratamiento, y la administradora del área realiza la gestión de la compra del radiofármaco con el proveedor según los pacientes confirmados para esa fecha. Una semana antes, el paciente se realiza el examen de laboratorio y si los niveles de TSH están por encima de los 30 mU/L, puede realizarse el tratamiento.

El día del tratamiento, el paciente recibe indicaciones previas por parte de la licenciada de enfermería, el oficial de seguridad radiológica y el tecnólogo de medicina nuclear, quien se encargan de supervisar la administración oral de la dosis del yodo en la habitación del paciente siguiendo todas las medidas de protección radiológica.

Si el paciente recibe una dosis mayor a los 30 mCi, debe quedarse hospitalizado y el oficial de seguridad radiológica diariamente mide los niveles de radiactividad del paciente. Cuando el paciente alcanza niveles seguros de radiactividad, es dado de alta y se retira del hospital.

Finalmente, el oficial de seguridad radiológica mide la radiactividad de la habitación para que las auxiliares de enfermería y el personal de limpieza procedan con la desinfección del área y dejar la habitación lista para recibir a otro paciente.

Es importante indicar que, según la Asociación Americana de Tiroides (ATA, 2014) todo paciente que reciba dosis mayores a los 30 mCi debe permanecer aislado en el hospital en una habitación con las medidas de seguridad radiológica hasta alcanzar niveles seguros de radiación.

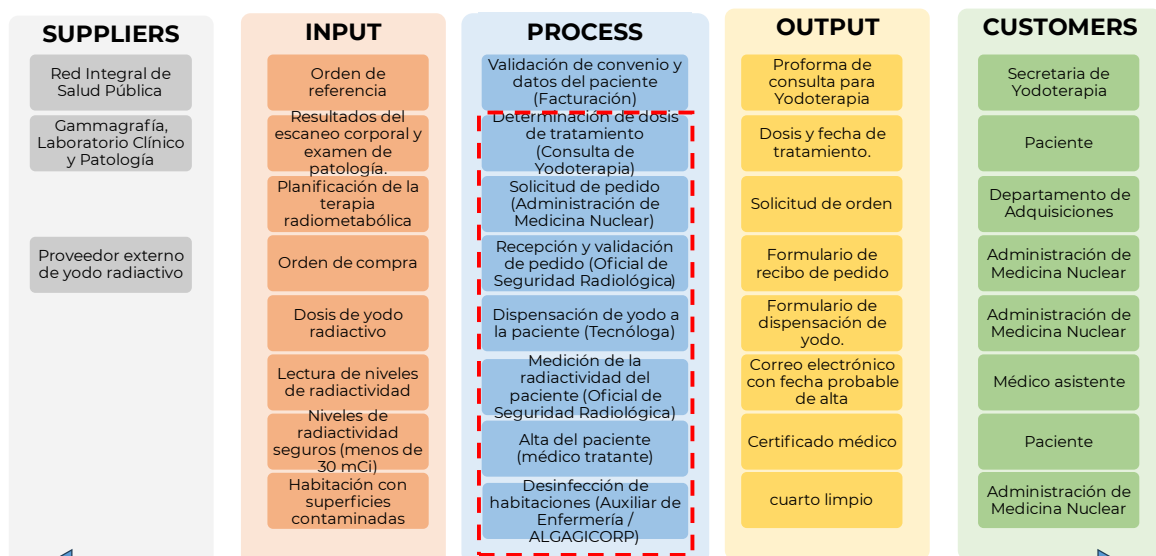
En el Apéndice A se observa el diagrama de flujo del proceso levantado en yodoterapia.

2.1.4 Alcance

Tras comprender los conceptos más importantes del proyecto, se continuó recopilando la información del área de medicina nuclear específicamente en yodoterapia para poder esquematizar el proceso. Para realizarlo de forma correcta, se utilizó la herramienta suppliers, input, process, outputs y customers (SIPOC), y después de realizar un análisis sobre el proceso, se decidió enfocarse únicamente en las actividades que se llevan a cabo dentro del área, las cuales abarcan desde la determinación de la dosis para el tratamiento en la consulta inicial hasta la desinfección de la habitación por parte de la auxiliar de enfermería y el personal de limpieza, como se observa en el SIPOC de la figura 4.

Figura 4

Diagrama SIPOC



Nota. Explicación del proceso usando la herramienta SIPOC.

2.1.5 Restricciones

Es importante tener en cuenta las limitaciones del proyecto. El yodo radiactivo (I-131), usado en la yodoterapia, se importa mediante un proveedor extranjero que lo entrega una o dos veces por semana y la frecuencia de tratamiento de los pacientes depende de estos días de

entrega, ya que, sin el yodo radiactivo, no se puede dar tratamientos. Además, otra de las limitaciones es la disponibilidad de tiempo y la colaboración del personal de salud, ya que imprevistos en el área podrían complicar el progreso del proyecto.

2.1.6 *Análisis de valor*

Se realizó un análisis de las actividades que agregan y no agregan valor al proceso, y se determinó que el 50% de las actividades agregan valor, el 33% no agrega valor, pero son necesarias, mientras que el 16% no agrega valor ya que implica una espera, una búsqueda o una inspección. Dentro de las actividades que no agregan valor se encuentra la espera por parte del paciente hasta que estén listo los resultados previos a su primera consulta, la lista de espera para que la fecha del tratamiento y los reagendamientos que podrían ocurrir cuando el paciente no presenta los niveles correctos de TSH.

2.1.7 *Plan de recolección de datos*

Finalmente, se realizó el plan de recolección de datos con las variables del CTQ Tree, en el plan se especifica la unidad, método de recolección, método de estratificación, y responde a las preguntas de dónde, por qué, cuándo y quién las recolectará.

Es importante mencionar que algunas variables son cubiertas con datos históricos registrados por el departamento de gestión e información del hospital, mientras que otras deberán ser recolectadas mediante toma de muestras, como se observa en la figura 5.

Figura 5*Plan de recolección de datos*

| Variable | Nombre | Unidad | Tipo de Data | Método | Factor de estratificación | Donde? | Por que ? | When ? | Who ? |
|----------|---|---------------|--------------|-----------------|---|---------------------|--|-------------------------|-----------------------------|
| X1 | Tasa de reprogramación | Porcentaje | Continua | Data de muestra | Tipo de paciente (hipertiroidismo o cáncer de tiroides) | Área de Yodoterapia | Los pacientes reprogramados pueden cambiar el horario de tratamiento | Mayo y junio de 2024 | Líderes de proyecto |
| X2 | Días que el paciente permanece hospitalizado (días de estancia) | # días | Discreta | Data Histórica | | Sistema de informes | Dependiendo de los días de estancia del paciente se pueden programar citas. | Enero 2021 - Abril 2024 | Departamento de Estadística |
| X3 | Total de días-paciente en un mes | Paciente-días | Discreta | Data Histórica | | Sistema de informes | Para determinar la tasa de ocupación de camas | Enero 2021 - Abril 2024 | Departamento de Estadística |
| X4 | Provisión mensual de camas | # camas | Discreta | Data Histórica | | Sistema de informes | Para determinar la tasa de ocupación de camas | Enero 2021 - Abril 2024 | Departamento de Estadística |
| X6 | Tiempo de limpieza por cama | Min | Continua | Data de muestra | Operador de limpieza (asistente / ALGAGICORP) | Área de Yodoterapia | Es crucial que la habitación vuelva a estar disponible. | Junio 2024 | Líderes de proyecto |
| X8 | Porcentaje de días administrados con yodo por mes | Porcentaje | Continua | Data de muestra | | Área de Yodoterapia | Los tratamientos sólo se programan en los días que el proveedor de yodo puede suministrar. | Mayo y junio de 2024 | Líderes de proyecto |
| X9 | Tasa de hospitalización ambulatorial | Porcentaje | Continua | Data de muestra | | Área de Yodoterapia | Los pacientes que permanecen hospitalizados fuera de los límites ocupan camas innecesariamente | Mayo y junio de 2024 | Líderes de proyecto |

2.2 Medición**2.2.1 Esquema de muestreo**

La segunda etapa de la metodología DMAIC es la parte de la medición, para lo cual se calculó los tamaños de muestra de cada una de las variables especificadas en el plan de recolección de datos.

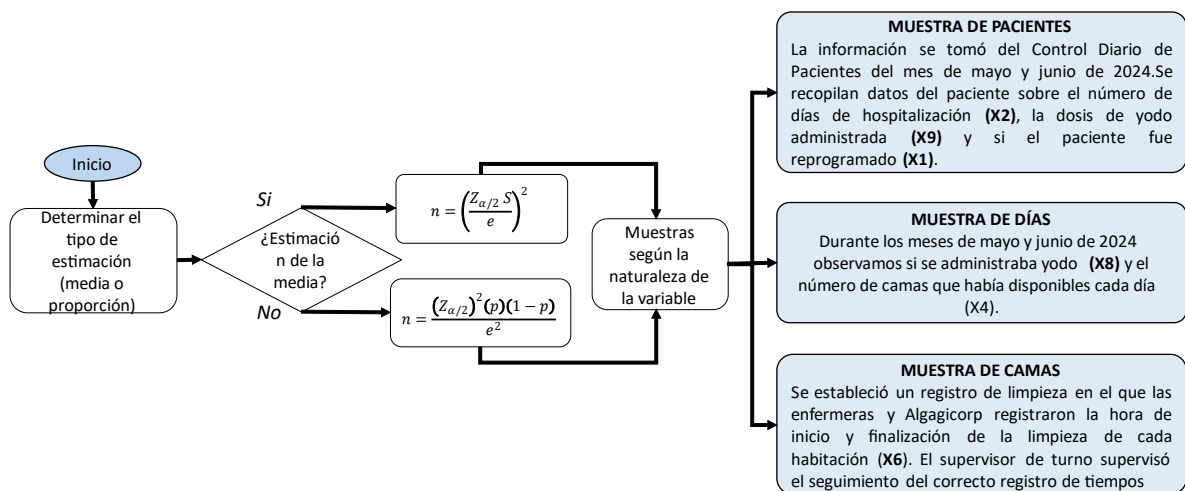
Para esto se enfocó en un esquema de muestreo donde se indica la fórmula a utilizar para calcular el tamaño de muestra según el tipo de estimación que se iba a realizar, ya sea para la media o la proporción. Este esquema también presenta una breve explicación del proceso a realizar para la toma de muestras según la naturaleza de las variables:

- Muestra de pacientes para obtener información de sus días de estancia (**X₂**), dosis de yodo administrada (**X₉**) y si el paciente fue o no reagendado (**X₁**). Esta información fue obtenida del Control diario de pacientes que llevan las licenciadas de enfermería y de los registros administrativos del área.
- Muestra de días para determinar si se dio o no tratamiento (**X₈**) y el número de camas que estuvieron disponibles diariamente (**X₄**).

- Muestra de camas para la toma de tiempos de limpieza de cada habitación por parte de las auxiliares de enfermería y el personal de limpieza (**X6**). Para recopilar esta información se diseñó una bitácora de limpieza, la cual indicaba la hora de inicio y hora de finalización de limpieza de cada habitación, ver figura 6.

Figura 6

Esquema de muestreo



Nota. Para el esquema de muestreo se consideran muestras de pacientes, días o de camas según la naturaleza de las variables a muestrear.

2.2.2 Toma de muestras

2.2.2.1 Muestreo de tasa de reagendamientos (X1**).** Primero calculamos el tamaño de muestra de la variable **X1**, para lo cual previamente se conocía que uno de cada treinta pacientes tratados al mes es reagendado por no cumplir con niveles correctos de TSH. Por lo tanto, la proporción p es igual a $1/30$, es decir, 3.33% de reagendamientos.

Adicionalmente, se consideró un error de muestreo de 0.06 y un nivel de confianza de 0.95, lo que representa un valor z de 1.96. Con estos datos se calculó el tamaño de muestra, en donde α es el nivel de significancia, p es la proporción observada en una muestra piloto y e es el error máximo admitido para el muestreo, tal como se indica en la ecuación 2.3.

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2(p)(1-p)}{e^2} \quad (2.3)$$

Usando la ecuación 2.3 se determinó el número mínimo de muestra de paciente para calcular el porcentaje de reagendamiento. El resultado fue tomar una muestra de 35 pacientes agendados entre los meses de mayo y junio del 2024.

$$n = \frac{(1.96)^2(0.033)(1 - 0.033)}{0.06^2}$$

$$n = 34.4 \approx 35 \text{ pacientes}$$

Luego se observó que 2 de los 35 pacientes habían sido reagendados para otra fecha, con lo que se calcula la tasa de reagendamientos con la ecuación 2.4.

$$X_1 = \frac{\text{Nro.pacientes reagendados}}{\text{Total de agendamientos}} \times 100\% \quad (2.4)$$

Usando la ecuación 2.4 se determinó que el 5.7% de los pacientes agendados entre mayo y junio del 2024 tuvo que ser reagendado, esto es:

$$X_1 = \frac{2}{35} \times 100\% = 5.7\%$$

En la tabla 2 se muestra un resumen de los datos tomados:

Tabla 2

Reagendamientos de citas de pacientes según su diagnóstico

| Paciente Nro. | Diagnóstico del paciente | Cita fue reagendada |
|---------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | Cáncer de tiroides | No |
| 2 | Hipertiroidismo | Sí |
| 3 | Cáncer de tiroides | No |
| 4 | Cáncer de tiroides | No |
| 5 | Hipertiroidismo | No |
| 6 | Cáncer de tiroides | No |
| 7 | Hipertiroidismo | No |
| ... | ... | ... |
| 33 | Hipertiroidismo | Sí |
| 34 | Cáncer de tiroides | No |
| 35 | Cáncer de tiroides | No |

Nota. Datos recolectados de los meses de mayo y junio del 2024.

2.2.2.2 Muestreo de tasa de pacientes ambulatorios hospitalizados (X_9). Para calcular el tamaño de muestra de la variable X_9 , primero se realizó una muestra piloto de 30 pacientes que fueron ingresados y se observó que a uno de ellos se le había aplicado una dosis de 20 mCi.

Estos datos fueron reemplazados en la ecuación 2.5 para determinar la tasa de pacientes ambulatorios hospitalarios:

$$X_9 = 1 - \frac{\text{Pacientes con dosis mayores a 30mCi}}{\text{Total pacientes hospitalizados}} \quad (2.5)$$

Usando la ecuación 2.5 se calcula la tasa de pacientes ambulatorios hospitalizados que fue de 0.03, como se muestra a continuación:

$$X_9 = 1 - \frac{29}{30} = 0.03$$

Adicionalmente, se consideró un error de muestreo de 0.045 y un nivel de confianza de 0.95, lo que representa un valor z de 1.96. Con estos datos se calculó el tamaño de muestra con la ecuación 2.3.

$$n = \frac{(1.96)^2(0.03)(1 - 0.03)}{0.045^2} = 61.1 \approx 62 \text{ pacientes}$$

Se tomó una muestra de 62 pacientes ingresados entre los meses de mayo y junio del 2024, y se observó que uno de esos pacientes había recibido una dosis de yodo radiactivo menor a 30 mCi. Por lo tanto, usando la ecuación 2.5 se determina la tasa de pacientes ambulatorios hospitalarios para la muestra:

$$X_9 = 1 - \frac{61}{62} = 0.016$$

Es decir que, el 1.6% de los pacientes ambulatorios fueron hospitalizados. En la tabla 3 se muestra un resumen de los datos tomados:

Tabla 3

Dosis de yodo radiactivo (I-131) administrada a los pacientes

| Paciente Nro. | Dosis de yodo radiactivo | Dosis mayor a 30 mCi |
|---------------|--------------------------|----------------------|
|---------------|--------------------------|----------------------|

| | | |
|-----|---------|-----|
| 1 | 100 mCi | Sí |
| 2 | 100 mCi | Sí |
| 3 | 50 mCi | Sí |
| 4 | 50 mCi | Sí |
| ... | ... | ... |
| 60 | 100 mCi | Sí |
| 61 | 150 mCi | Sí |
| 62 | 200 mCi | Sí |

Nota. Datos recolectados del Control diario de pacientes entre los meses de mayo y junio 2024.

2.2.2.3 Muestreo para porcentaje de días que se administra yodo (X_8). Para calcular el tamaño de muestra de la variable X_8 , se determinó el número de días que se había administrado yodo durante el mes de mayo 2024, concluyendo que 7 de los 31 días del mes se había dado tratamiento, por lo tanto, la proporción p fue igual a $7/31$, es decir 0.23.

Adicionalmente, se consideró un error de muestreo de 0.12 y un nivel de confianza de 0.95, lo que representa un valor z de 1.96. Con estos datos se calculó el tamaño de muestra con la ecuación 2.3.

$$n = \frac{(1.96)^2(0.23)(1 - 0.23)}{0.12^2} = 46.6 \approx 47 \text{ días}$$

Luego se tomó la muestra considerando los días que se dio tratamiento entre el 1 de mayo y el 17 de junio del 2024, y se observó que doce de estos días se había dado tratamiento de yodo. Estos datos son ingresados en la ecuación 2.6 para calcular el porcentaje de días que se administra yodo:

$$X_8 = \frac{\text{Días que se da tratamiento}}{\text{Total de días del periodo}} \quad (2.6)$$

Usando la ecuación 2.6 se calculó el porcentaje de días que se administró yodo entre el 1 de mayo y el 17 de junio del 2024, como se muestra a continuación:

$$X_8 = \frac{12}{48} = 0.25$$

Es decir que, el 25% de los días entre el 1 de mayo y el 17 de junio del 2024 se dio tratamiento con yodo radiactivo. En la tabla 4 se muestra un resumen de los datos tomados:

Tabla 4

Días que se da tratamiento de yodoterapia entre mayo y junio 2024

| Fecha | Día de la semana | Se dio tratamiento |
|------------|------------------|--------------------|
| 01/05/2024 | Miércoles | No |
| 02/05/2024 | Jueves | No |
| 03/05/2024 | Viernes | No |
| 04/05/2024 | Sábado | No |
| ... | ... | ... |
| 15/06/2024 | Sábado | No |
| 16/06/2024 | Domingo | No |
| 17/06/2024 | Lunes | Sí |

Nota. Datos tomados del Control diario de pacientes entre el 1 de mayo y 17 de junio del 2024.

2.2.2.4 Muestreo para los tiempos de limpieza por cama (X_6). Para calcular el tamaño de muestra de la variable X_6 , se realizó muestra piloto para 21 camas que fueron limpiadas entre el 12 y el 15 de junio del 2024. Para esto se diseñó una bitácora de limpieza en donde las auxiliares de enfermería y el personal de limpieza registraron la hora de inicio y hora de finalización de limpieza de cada habitación. De esta muestra piloto se obtuvo un tiempo de limpieza promedio de 35,34 minutos con una desviación estándar de 4,32 minutos.

Adicionalmente, se consideró un error de muestreo de 1,50 minutos y un nivel de confianza de 0.95, lo que representa un valor z de 1.96. Con estos datos se calculó el tamaño de muestra para estimar la media, en donde α es el nivel de significancia, S es la desviación estándar de la muestra piloto y e es el error máximo permitido para la prueba, tal como se observa en la ecuación 2.7.

$$n = \left(\frac{z_{\alpha/2} S}{e} \right)^2 \quad (2.7)$$

Usando la ecuación 2.7 se calcula el tamaño de muestra de camas, esto es:

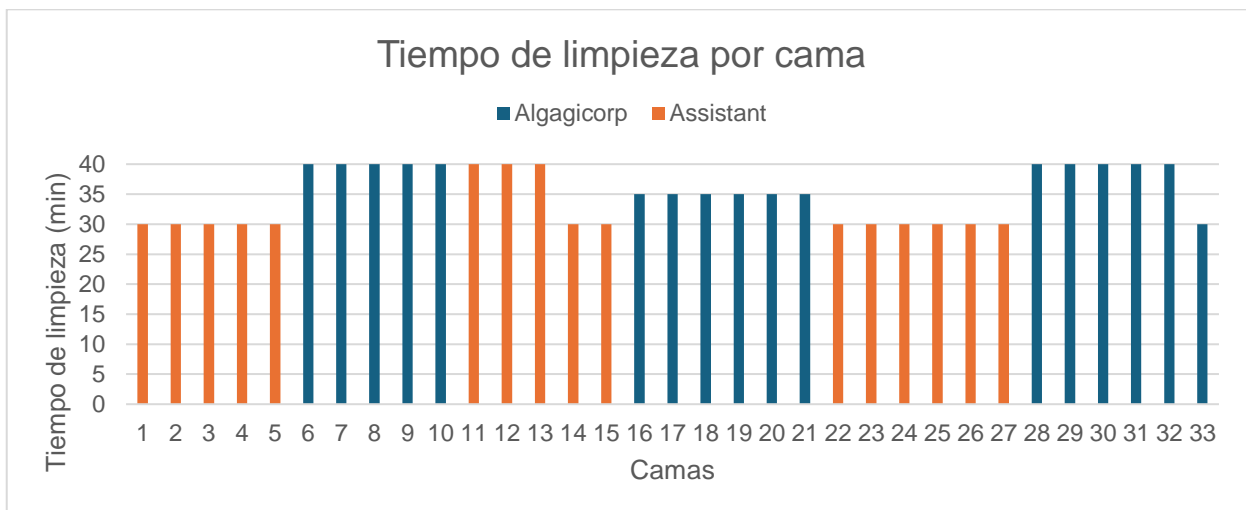
$$n = \left(\frac{1,96 \times 4,32}{1,50} \right)^2 = 31.9 \approx 32 \text{ camas}$$

Luego se tomaron los tiempos de limpieza de 33 habitaciones, la limpieza se realiza los miércoles y sábados por la tarde. En promedio el tiempo de limpieza de las auxiliares de enfermería fue de 31,88 minutos por cama; mientras que el tiempo de limpieza del personal de limpieza fue de 37,65 minutos por cama.

En la figura 7 se observan los tiempos de limpieza de las 33 habitaciones, y en la siguiente tabla 5 un resumen de los datos tomados durante los días que se realizaron limpiezas.

Figura 7

Tiempos de limpieza por cama en yodoterapia



Nota. La figura muestra los tiempos de limpieza tanto de las Auxiliares de enfermería como del personal encargado de la limpieza en el hospital.

Tabla 5

Bitácora de limpieza de Yodoterapia

| Fecha | Nro. de habitación | Encargado | | Hora Inicio | Hora Fin | Tiempo de limpieza (min) |
|-----------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------|----------|--------------------------|
| | | Aux. enfermería | Personal limpieza | | | |
| 12/6/2024 | 1 | X | | 16:00 | 16:30 | 30 |
| 12/6/2024 | 2 | X | | 16:30 | 17:00 | 30 |
| 12/6/2024 | 4 | X | | 17:00 | 17:30 | 30 |

| | | | | | | |
|-----------|----------|---|---|----------|-------|-----------|
| 12/6/2024 | 5 | X | | 17:30 | 18:00 | 30 |
| 12/6/2024 | 6 | X | | 18:00 | 18:30 | 30 |
| 12/6/2024 | 1 | | X | 17:00 | 17:40 | 40 |
| 12/6/2024 | 2 | | X | 17:40 | 18:20 | 40 |
| 12/6/2024 | 4 | | X | 18:20 | 19:00 | 40 |
| 12/6/2024 | 5 | | X | 19:00 | 19:40 | 40 |
| 12/6/2024 | 6 | | X | 19:40 | 20:20 | 40 |
| 14/6/2024 | 3 | X | | 19:00 | 19:40 | 40 |
| 14/6/2024 | 4 | X | | 19:40 | 20:20 | 40 |
| 14/6/2024 | 5 | X | | 20:20 | 21:00 | 40 |
| 15/6/2024 | 1 | X | | 10:00 | 10:30 | 30 |
| 15/6/2024 | 6 | X | | 10:30 | 11:00 | 30 |
| 15/6/2024 | 1 | | X | 15:00 | 15:35 | 35 |
| 15/6/2024 | 2 | | X | 15:35 | 16:10 | 35 |
| 15/6/2024 | 3 | | X | 16:10 | 16:45 | 35 |
| 15/6/2024 | 4 | | X | 16:45 | 17:20 | 35 |
| 15/6/2024 | 5 | | X | 17:20 | 17:55 | 35 |
| 15/6/2024 | 6 | | X | 17:55 | 18:30 | 35 |
| 19/6/2024 | 1 | X | | 16:00 | 16:30 | 30 |
| 19/6/2024 | 2 | X | | 16:30 | 17:00 | 30 |
| 19/6/2024 | 3 | X | | 17:00 | 17:30 | 30 |
| 19/6/2024 | 4 | X | | 17:30 | 18:00 | 30 |
| 19/6/2024 | 5 | X | | 18:00 | 18:30 | 30 |
| 19/6/2024 | 6 | X | | 18:30 | 19:00 | 30 |
| 19/6/2024 | 1 | | X | 17:00 | 17:40 | 40 |
| 19/6/2024 | 2 | | X | 17:40 | 18:20 | 40 |
| 19/6/2024 | 3 | | X | 18:20 | 19:00 | 40 |
| 19/6/2024 | 4 | | X | 19:00 | 19:40 | 40 |
| 19/6/2024 | 5 | | X | 19:40 | 20:20 | 40 |
| 19/6/2024 | 6 | | X | 20:20 | 20:50 | 30 |
| Total | 33 camas | | | Promedio | | 34.85 min |

Nota. Los tiempos fueron registrados entre el 12 y 19 de junio del 2024.

2.2.2.5 Muestreo de días que el paciente permanece hospitalizado (X_2). Para calcular el tamaño de muestra de esta variable, se tomaron los registros de 30 pacientes del control diario de pacientes y se determinó el número de días que permanecieron hospitalizados. De esta muestra piloto se obtuvieron los días de estancia promedio que fue de 1,83 días con una desviación estándar de 0,83 días.

Adicionalmente, se consideró un error de muestreo de 0,21 días y un nivel de confianza de 0.95, lo que representa un valor z de 1.96. Con estos datos se calculó el tamaño de muestra usando la ecuación 2.7.

$$n = \left(\frac{1,96 \times 0,83}{0,21} \right)^2 = 60.6 \approx 61 \text{ pacientes}$$

Para la toma de muestra se consideraron los registros del Control diario de pacientes desde el 6 de mayo al 17 de junio del 2024, con un total de 62 pacientes ingresados con un tiempo de estancia promedio de 1,84 días con desviación estándar de 0,75 días. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los datos:

Tabla 6

Registro de los días de hospitalización de los pacientes en yodoterapia

| Paciente | Fecha de ingreso | Fecha de alta | Diagnóstico | Días de estancia |
|----------|------------------|---------------|-------------|------------------|
| 1 | 06/05/2024 | 09/05/2024 | CA Tiroides | 3 |
| 2 | 06/05/2024 | 08/05/2024 | CA Tiroides | 2 |
| 3 | 06/05/2024 | 07/05/2024 | CA Tiroides | 1 |
| 4 | 06/05/2024 | 07/05/2024 | CA Tiroides | 1 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 58 | 17/06/2024 | 19/06/2024 | CA Tiroides | 2 |
| 59 | 17/06/2024 | 18/06/2024 | CA Tiroides | 1 |
| 60 | 17/06/2024 | 18/06/2024 | CA Tiroides | 1 |
| 61 | 17/06/2024 | 20/06/2024 | CA Tiroides | 3 |
| 62 | 17/06/2024 | 19/06/2024 | CA Tiroides | 2 |
| Promedio | | | | 1,84 días |

Nota. Los datos fueron tomados del Control diario de pacientes entre mayo y junio 2024. Para el cálculo de días de estancia se toma en cuenta el día de ingreso, pero no el de egreso.

2.2.2.6 Muestreo para el número de camas disponibles (X₄). Para calcular el tamaño de muestra de esta variable, se tomaron los registros del control diario de pacientes del mes de junio 2024 y se determinó el número de camas que estuvieron disponibles cada día. De esta muestra piloto se obtuvo que en promedio 6,93 camas estuvieron disponibles en el mes con una desviación estándar de 1,72 camas.

Adicionalmente, se consideró un error de muestreo de 0,44 camas y un nivel de confianza de 0.95, lo que representa un valor z de 1.96. Con estos datos se calculó el tamaño de muestra usando la ecuación 2.7.

$$n = \left(\frac{1,96 \times 1,72}{0,44} \right)^2 = 60.1 \approx 61 \text{ días}$$

Para la toma de muestra se tomaron los registros del control diario de pacientes de mayo y junio del 2024 para completar las 61 observaciones, concluyendo que en promedio hubo 6,46 camas disponibles, ya que la última semana de junio se habilitaron 4 camas adicionales de un área antigua de yodoterapia. En la tabla 7 se muestra un resumen de los datos:

Tabla 7

Registro del número de camas disponibles en yodoterapia

| Fecha | Número de camas disponibles |
|------------|-----------------------------|
| 01/05/2024 | 6 camas |
| 02/05/2024 | 6 camas |
| 03/05/2024 | 6 camas |
| 04/05/2024 | 6 camas |
| 05/05/2024 | 6 camas |
| 06/05/2024 | 6 camas |
| ... | ... |
| 26/06/2024 | 10 camas |
| 27/06/2024 | 10 camas |
| 28/06/2024 | 10 camas |
| 29/06/2024 | 10 camas |
| 30/06/2024 | 10 camas |
| Promedio | 6,46 camas |

Nota. Los datos fueron tomados del control diario de pacientes entre mayo y junio 2024.

2.2.3 Confiabilidad de los datos

Se realizó un análisis de confiabilidad de datos para las variables que correspondían a datos históricos, las cuales son los días de hospitalización del paciente (X_2), total de días pacientes (X_3) y el número de camas disponibles por mes (X_4).

Para esto se realizaron pruebas de hipótesis T-Student, con un nivel de significancia de 0.01, comparando el valor promedio de las muestras recolectadas con el valor promedio de la data histórica correspondiente a los meses desde enero 2021 hasta abril 2024. En la tabla 8 se muestra un resumen de los datos proporcionados.

Tabla 8

Indicadores hospitalarios de yodoterapia (enero 2021 – abril 2024)

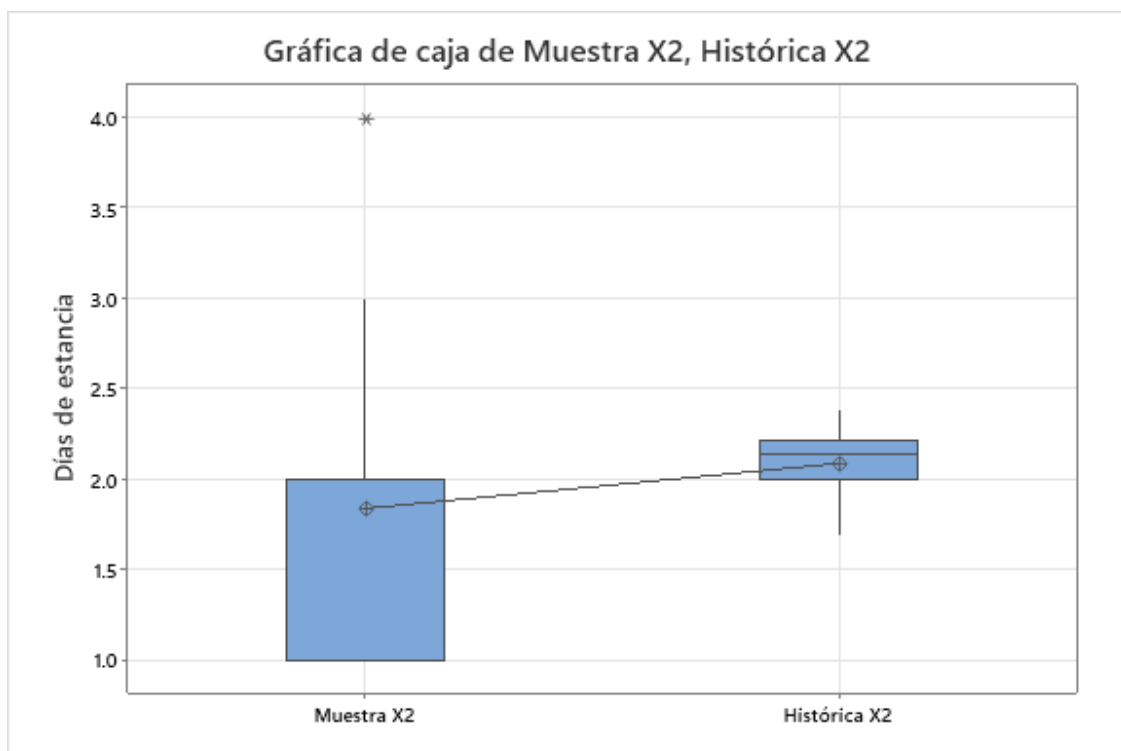
| Periodo | Días de estancia promedio (X_2) | Total de días pacientes (X_3) | Dotación de camas promedio (X_4) |
|----------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| ene-21 | 2,21 | 76,0 | 7 |
| feb-21 | 2,00 | 73,0 | 7 |
| mar-21 | 2,24 | 76,0 | 7 |
| abr-21 | 2,13 | 67,0 | 7 |
| may-21 | 2,05 | 65,0 | 7 |
| jun-21 | 2,22 | 113,0 | 7 |
| jul-21 | 1,69 | 78,0 | 7 |
| ... | ... | ... | ... |
| dic-23 | 1,83 | 72,0 | 6 |
| ene-24 | 1,80 | 97,0 | 6 |
| feb-24 | 2,38 | 74,0 | 6 |
| mar-24 | 2,10 | 93,0 | 6 |
| abr-24 | 2,03 | 122,0 | 6 |
| Promedio | 2,09 | 80,33 | 6,88 |

Nota. Los datos fueron obtenidos del registro estadístico de indicadores hospitalarios.

2.2.3.1 Confiabilidad para los días de hospitalización del paciente (X₂). Para esto se consideraron los datos de la muestra tomada entre mayo y junio del 2024 cuyo promedio fue de 1,84 días de estancia, y el promedio de los datos históricos que fue de 2,09 días de estancia, como se observa en el diagrama de cajas de la figura 8.

Figura 8

Diagrama de cajas de los días de estancia promedio de la muestra y el histórico



Nota. Gráfico realizado en Minitab con los datos de la muestra tomada de mayo y junio 2024, y los datos históricos de enero 2021 a abril 2024.

Con estos datos se plantea el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

En donde μ_1 es el promedio de días de estancia de la muestra y μ_2 es el promedio de los días de estancia de los datos históricos.

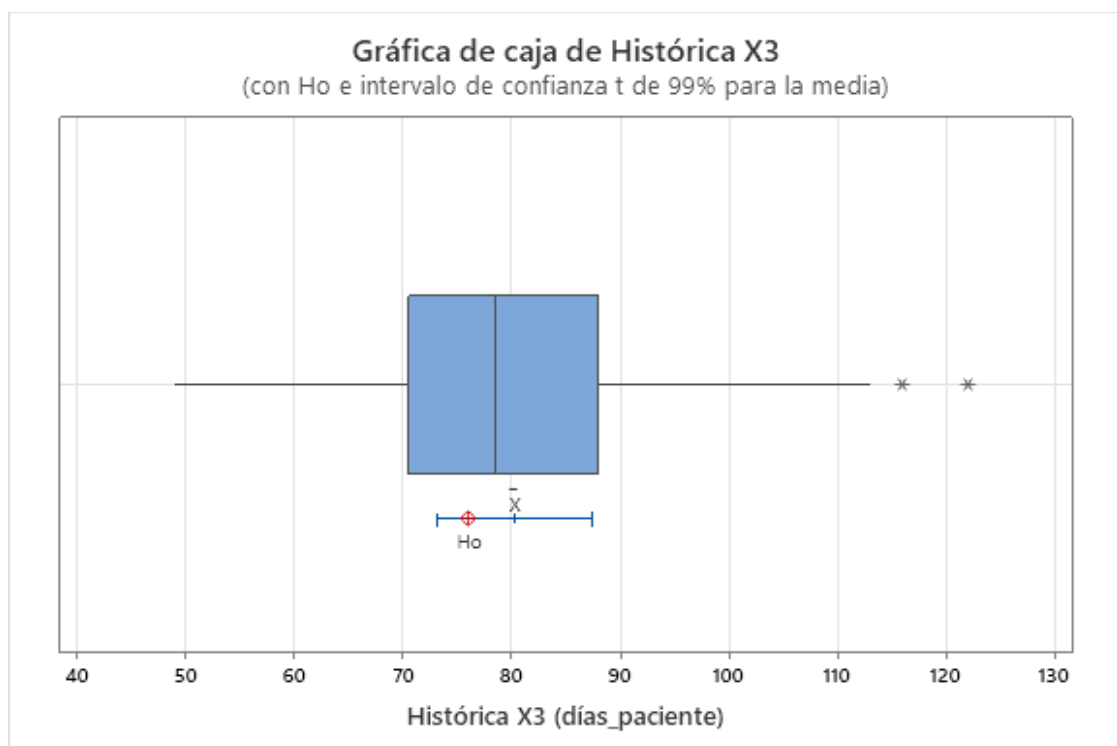
Se ingresaron estos datos al Software Minitab y se obtuvo un valor p de 0.014, por lo que se puede decir que no existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias son

diferentes con nivel de significancia del 0.01. Por lo tanto, la data histórica de los días que el paciente permanece hospitalizado (X_2) puede ser considerada confiable.

2.2.3.2 Confiabilidad para el total de días pacientes (X_3). Para esto se consideraron los datos de la muestra de los días de estancia de los 36 pacientes que se hospitalizaron en mayo 2024. Sumando estos días de hospitalización se obtuvo el total de días pacientes que fue igual a 76 días paciente, este valor fue usado para compararlo con la media histórica del total de días paciente entre enero 2021 y abril 2024, que fue de 80.33 días paciente, como se observa en la figura 9.

Figura 9

Diagrama de cajas del total de días paciente histórico y valor objetivo



Nota. Gráfico realizado en minitab con los datos históricos de enero 2021 a abril 2024.

Con estos datos se plantea el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_0: \mu = \mu_0$$

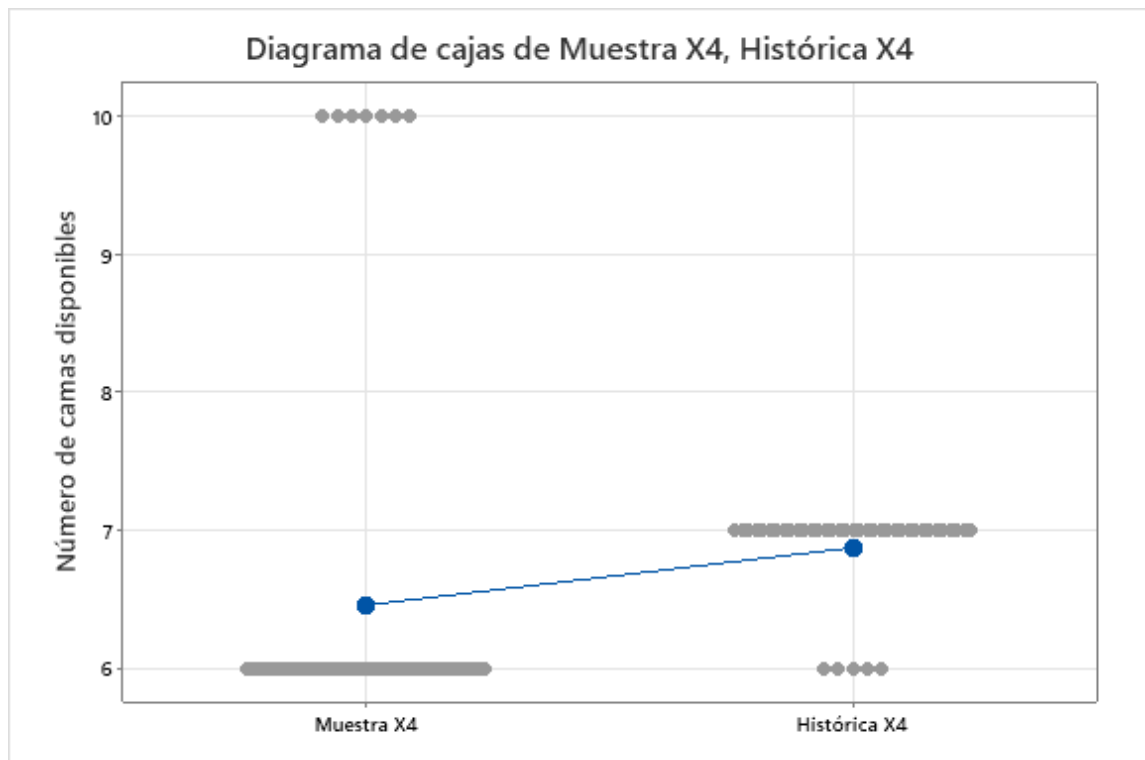
$$H_1: \mu \neq \mu_0$$

En donde μ es el promedio de los días paciente histórico y μ_0 es el total de días pacientes de la muestra del mes de mayo. Se ingresaron estos datos al Software Minitab y se obtuvo un valor p de 0.11, por lo que se puede decir que no existe suficiente evidencia estadística para concluir que el promedio de los días paciente histórico difiere del total de días pacientes de la muestra con nivel de significancia del 0.01. Por tanto, la data histórica del total de días paciente (X_3) puede ser considerada confiable.

2.2.3.3 Confiabilidad para el número de camas disponibles (X_4). Para validar la confiabilidad de esta variable se consideraron los datos de la muestra tomada entre mayo y junio del 2024 cuyo promedio fue de 6,46 camas, y el promedio de los datos históricos que fue de 6,88 camas, como se observa en el diagrama de cajas de la figura 10.

Figura 10

Diagrama de cajas de las camas disponibles de la muestra y el histórico



Nota. Gráfico realizado en minitab con los datos de la muestra tomada de mayo y junio 2024, y los datos históricos de enero 2021 a abril 2024.

Con estos datos se plantea el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

En donde μ_1 es el promedio de camas disponibles de la muestra y μ_2 es el promedio de camas disponibles de los datos históricos.

Se ingresaron estos datos al Software Minitab y se obtuvo un valor p de 0.019, por lo que se puede decir que no existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias son diferentes con nivel de significancia del 0.01. Por tanto, la data histórica del número de camas disponibles mensualmente (X_4) puede ser considerada confiable.

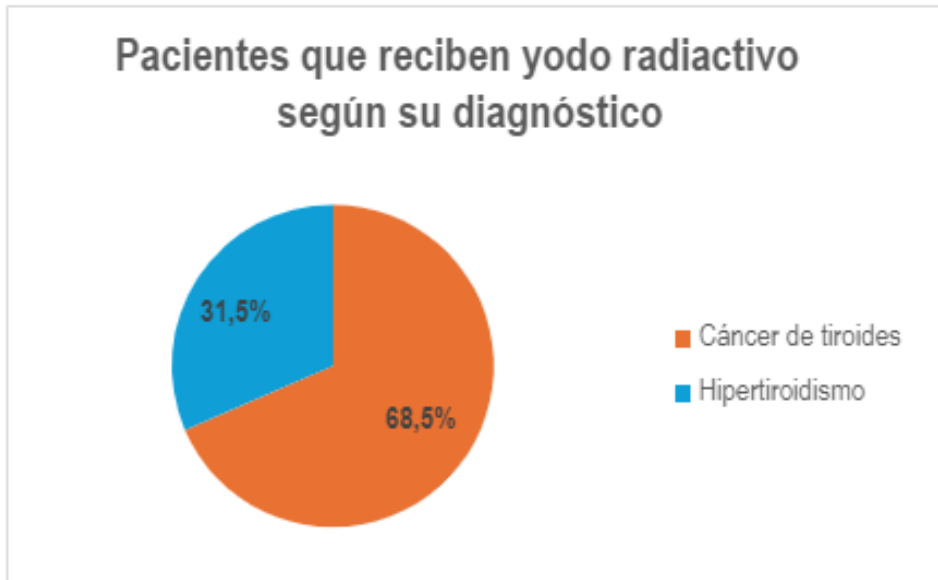
2.2.4 Estratificación

La estratificación del problema se realizó según los dos tipos de diagnóstico de los pacientes que reciben yodoterapia, los cuales son los pacientes con hipertiroidismo y los pacientes con cáncer de tiroides.

De la información recolectada se obtuvo la estadística de que el 31.5% de los pacientes que reciben yodo tienen un diagnóstico de hipertiroidismo, mientras que el 68.5% padecen cáncer de tiroides, por lo que reciben dosis superiores a 30 mCi y deben permanecer hospitalizados, como se observa en la figura 11.

Figura 11

Porcentaje de pacientes en yodoterapia según su diagnóstico



Nota. Los datos fueron recolectados considerando los pacientes agendados para yodoterapia entre septiembre 2022 y septiembre 2024.

Se decidió enfocarse únicamente en los pacientes con cáncer de tiroides porque son los que necesitan una cama durante su periodo de hospitalización mientras bajan sus niveles de radiactividad.

Es importante indicar que tanto el planteamiento del problema como la definición del objetivo permanecen iguales con esta estratificación, ya que desde el principio el problema fue definido para los pacientes con cáncer de tiroides al ser los únicos que ocupan una cama hospitalaria, es decir, los datos del porcentaje de ocupación de cama están enfocados en este tipo de pacientes.

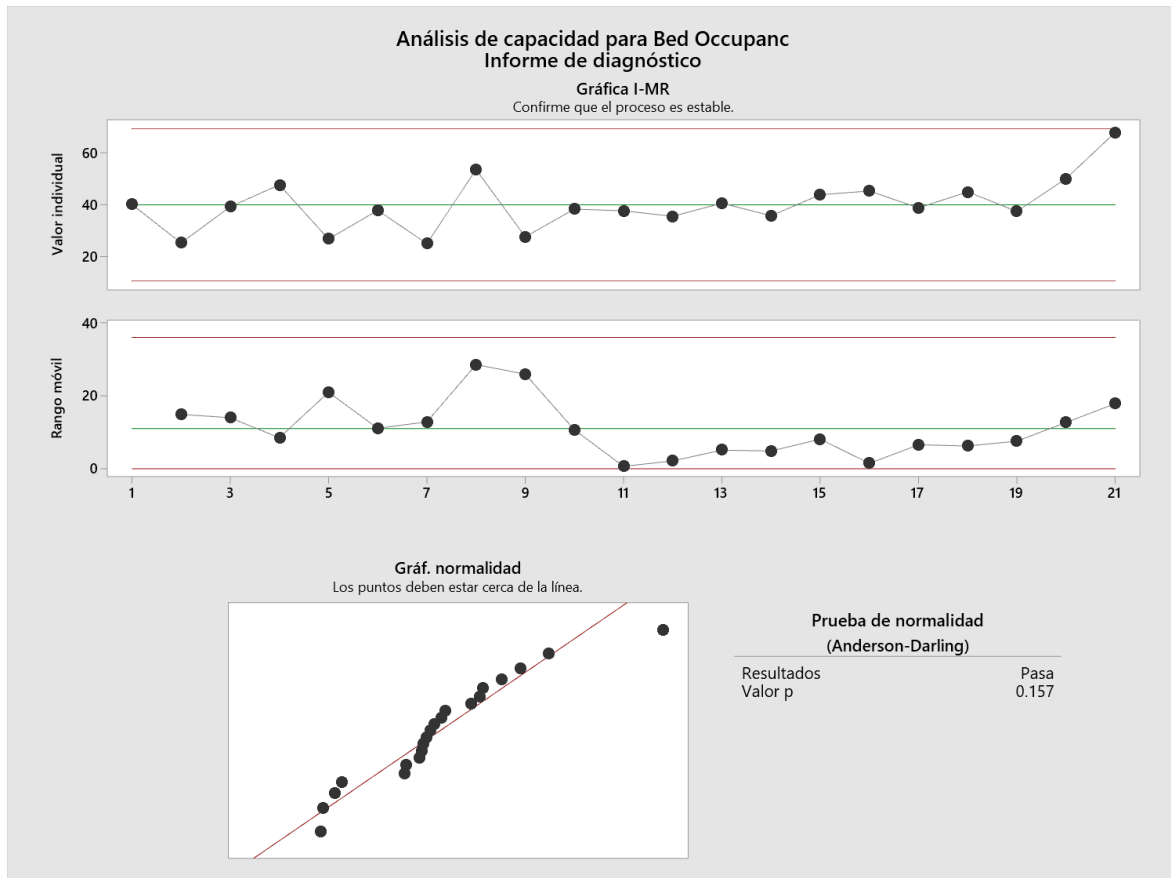
2.2.5 *Análisis de estabilidad y capacidad*

Primero se inició analizando que tipo de distribución tienen los datos con la ayuda de la herramienta Minitab, se confirmó que los datos de la variable de salida (porcentaje de ocupación

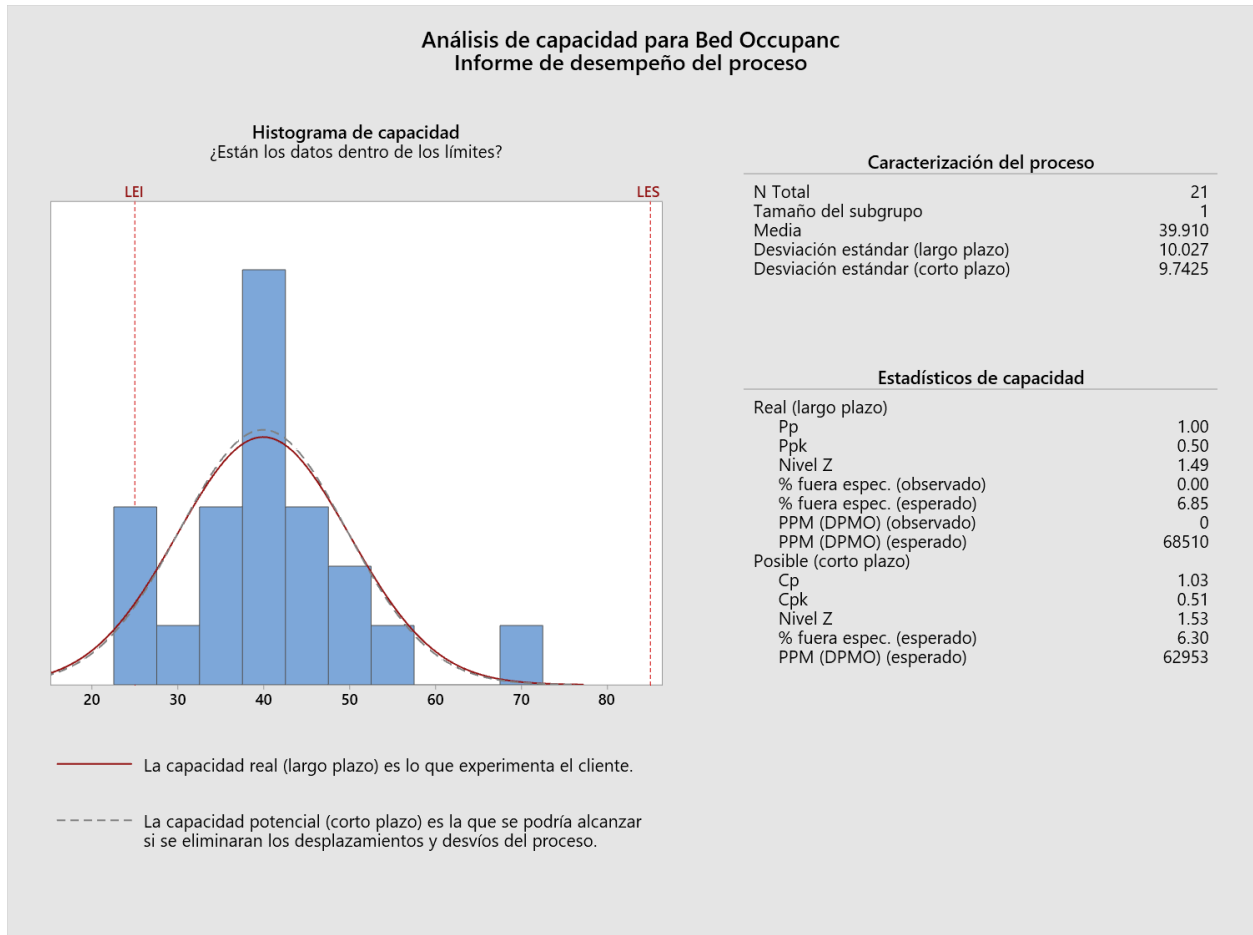
de camas) sigue una distribución normal ya que con la prueba de normalidad (Anderson-Darling) con un valor p de 0.051.

Figura 12

Gráficas de control y prueba de normalidad de la variable de salida



Respecto a la estabilidad del proceso, en la figura 12 se observa que el proceso está dentro de los límites de control, por lo tanto, es estable, aunque tiene un punto fuera de los límites y otros puntos se acercan mucho a los límites, esto indica que a pesar de ser estable, en cualquier momento puede dejar de serlo justamente por los puntos con alta proximidad a los límites.

Figura 13*Informe de análisis de capacidad de la variable de salida*

Nota. El análisis muestra la capacidad de la variable de salida realizado en minitab.

Respecto a la capacidad con un N total de 21, se tomó como límite de especificación superior 85% que sería el standard de la institución, para el límite de especificación inferior 25% ya que fue el mínimo en el histórico de porcentaje de ocupación de cama. El objetivo como se menciona anteriormente es 62.5%, como se puede visualizar en la figura 13 los datos se acumulan cerca de los límites de especificación inferior. Ya que Ppk es de 0.50 y el Cpk 0.51 son iguales el proceso está bajo control estadístico, pero los valores siguen siendo muy bajo para cumplir con las especificaciones. y respecto al PPM se puede observar que a corto plazo el número es menor (62953) y a largo plazo mayor (68510).

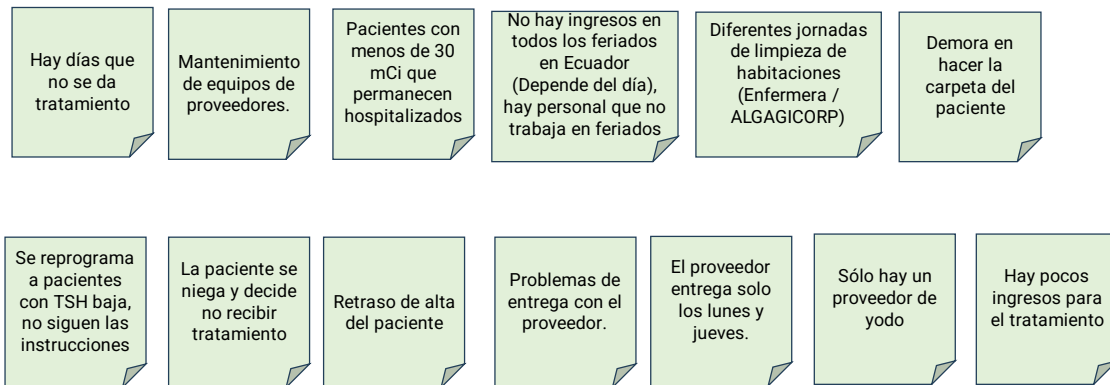
2.3 Análisis

2.3.1 Lluvia de ideas de las causas potenciales

Posteriormente, se realizó una lluvia de ideas con médicos, pacientes, tecnólogos, licenciadas de enfermería y oficial de seguridad radiológica sobre las posibles causas que están afectando a la variable de respuesta (porcentaje de ocupación de camas), para una mejor comprensión ver figura 14.

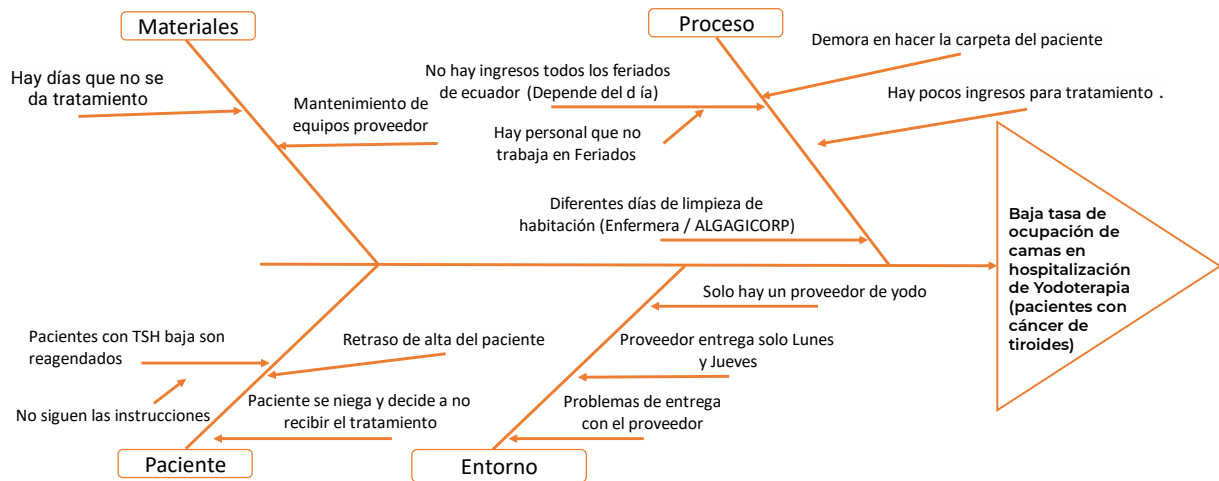
Figura 14

Lluvia de ideas realizada con el equipo de la institución



2.3.2 Diagrama de Ishikawa

La lluvia de ideas con las posibles causas se tradujo en un diagrama de Ishikawa, para clasificarlas según su naturaleza, que puede ser por material, proceso, paciente o entorno, ver figura 15.

Figura 15*Diagrama de Ishikawa*

Para poder cuantificar las causas de la figura 15 se realizó con la participación del grupo de trabajo de la institución, la priorización de causas con escala logarítmica. Donde los valores van de 0 a 9 según el nivel de influencia en la variable de salida, como se observa en la tabla 9. En la tabla 10 se indica la calificación que dieron todos los participantes y para tomar el más importante se trabajó con la moda de cada causa.

Tabla 9*Descripción de calificación para valores de tabla priorización de causas*

| Descripción | Valor |
|---------------------|-------|
| No tiene influencia | 0 |
| Baja influencia | 1 |
| Influencia media | 3 |
| Alta influencia | 9 |

Tabla 10*Calificación de influencia de las causas por parte del equipo del hospital*

| Núm. | Causas | Secretaria | Lic. Enfermería | Seguridad Radiológica | Administrador. del área | Moda |
|------|--|------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|------|
| 1 | Mantenimiento de equipos de proveedores (dic - ene) | 9 | 9 | 1 | 3 | 9 |
| 2 | No hay yodo para el tratamiento; el proveedor no trae yodo | 9 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 3 | Retraso en el alta del paciente | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 4 | El paciente se niega y decide no recibir tratamiento | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 5 | Se reprograma a pacientes con TSH baja, sin seguir instrucciones | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 |
| 6 | Hay días que no se da tratamiento. | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 |
| 7 | El proveedor entrega solo los lunes y jueves. | 9 | 9 | 1 | 3 | 9 |
| 8 | Sólo hay un proveedor de yodo | 9 | 9 | 1 | 3 | 9 |
| 9 | Diferentes jornadas de limpieza de habitaciones (Enfermera / personal limpieza). | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | Retraso en la preparación de la carpeta del paciente. | 9 | 9 | 1 | 3 | 9 |
| 11 | No hay admisiones en todos los feriados ecuatorianos (Depende del día); Algunos empleados no trabajan los días festivos. | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 |
| 12 | Hay pocos ingresos para tratamiento | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 |

Como se observa en la tabla 10, el valor de la moda en las causas con mayor calificación

se utilizó para realizar el diagrama de pareto que se observa en la figura 16, esto permitió

confirmar qué causas son las que tienen una mayor influencia en la variable de salida, ver tabla 11.

2.3.3 Diagrama de Pareto para causas

Tabla 11

Listado de causas con mayor influencia en la variable de salida.

| Número | Descripción |
|--------|--|
| 1 | Mantenimiento del equipo del proveedor (Dic - Ene) |
| 2 | No hay yodo para el tratamiento; el proveedor no trae yodo |
| 3 | Retraso en el alta del paciente |
| 5 | Se reprograma a pacientes con TSH baja, sin seguir instrucciones |
| 6 | Hay días que no se da tratamiento. |
| 7 | El proveedor entrega solo los lunes y jueves. |
| 8 | Sólo hay un proveedor de yodo |
| 10 | Retraso en la preparación de la carpeta del paciente. |
| 12 | Hay pocos ingresos para tratamiento |

Figura 16

Diagrama de Pareto con la influencia de las causas

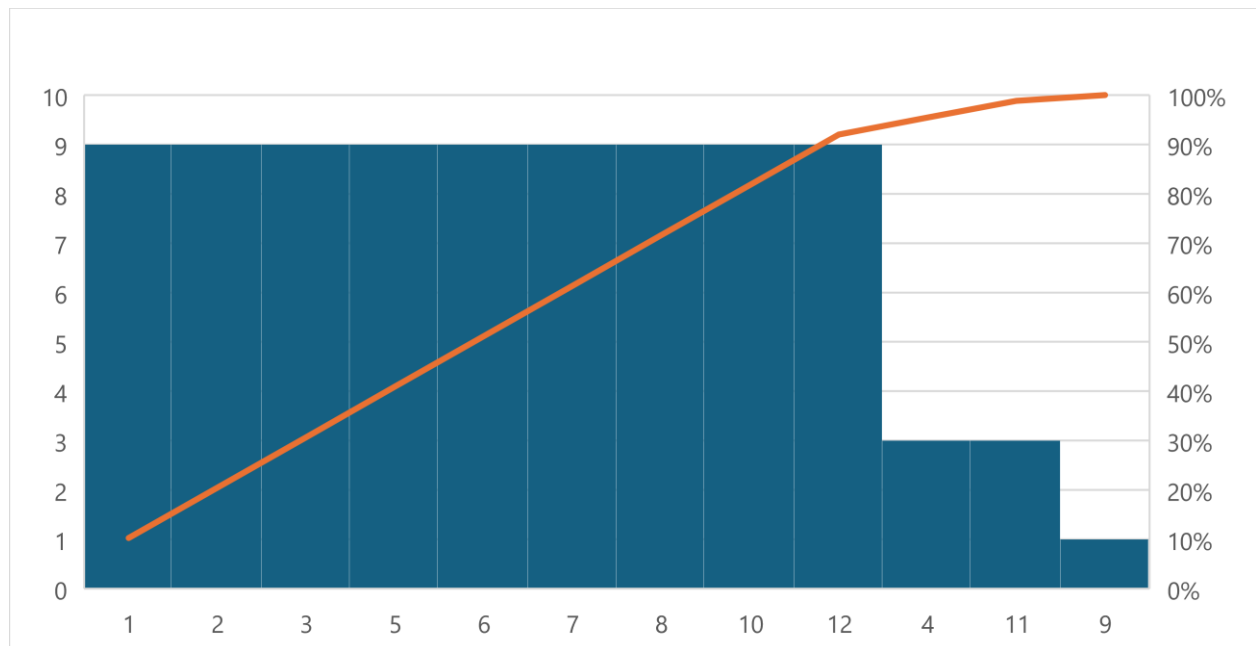
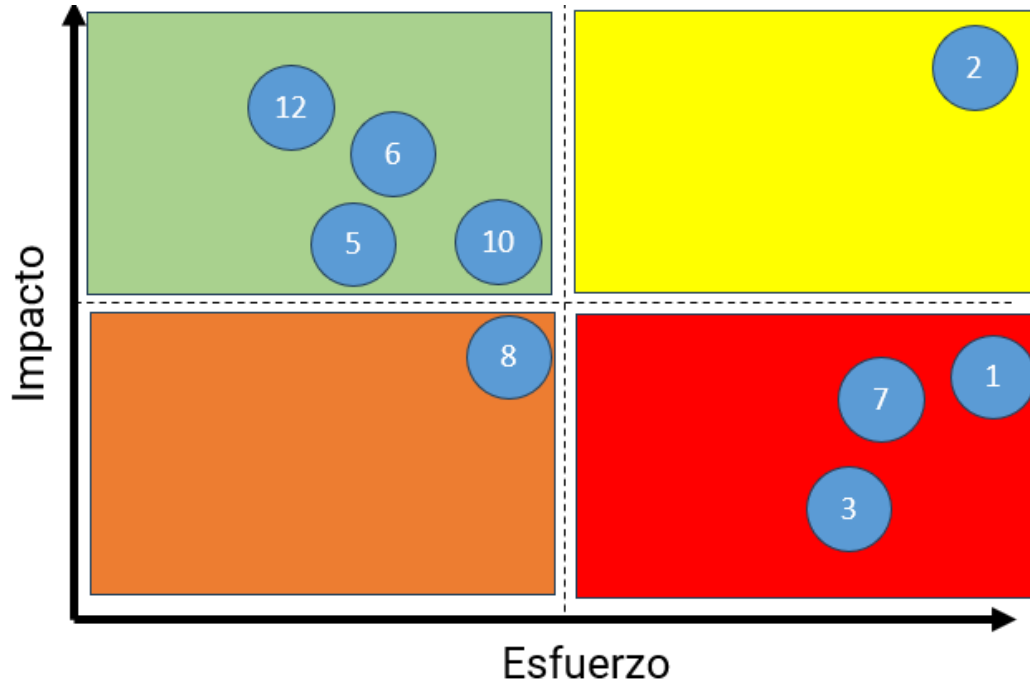


Figura 17*Matriz impacto esfuerzo con las causas*

Se tomaron las causas de la tabla 11 y se las distribuyó en una matriz de impacto-esfuerzo para concluir cuáles son las que, con un mínimo esfuerzo, podrían lograr un mayor impacto en la variable de salida ver figura 17. Quedaron como posibles causas los números 12, 6, 5 y 10. A continuación el plan de verificación de causas en la tabla 12.

Tabla 12*Plan de verificación de causas*

| # | Causas potenciales | Teoría sobre el impacto | Cómo verificar | Tipo de datos | Estado |
|---|--|--|--|-----------------------|----------|
| 6 | Hay días que no se da tratamiento. | Si los pacientes no reciben tratamiento, la cama queda desocupada y la tasa de ocupación de camas disminuye. | Prueba de hipótesis sobre si la cantidad de días que se administró el tratamiento es diferente de la cantidad de días que se planificó el tratamiento. | Cuantitativa continua | Completo |
| 5 | Se reprograma a pacientes con TSH baja, sin seguir instrucciones | Los pacientes con niveles bajos de TSH no pueden recibir tratamiento y pueden o no ser reprogramados. | GEMBA validará si la reprogramación de pacientes afecta la ocupación de camas | | Completo |

| | | | | |
|----|---|---|---|--------------------------------|
| | | Por lo tanto, se podría omitir la dosis del tratamiento y la cama quedaría desocupada. | | |
| 10 | Retraso en la entrega de carpeta de alta del paciente | Si la carpeta del paciente no está lista, el proceso de alta se retrasa y las camas no se liberan a tiempo para admitir nuevos pacientes. | Prueba de hipótesis entre los tiempos de finalización de la carpeta de alta con y sin interrupciones | Cuantitativo Completo continuo |
| 12 | Hay pocos ingresos para tratamiento | Si no hay suficientes ingresos para tratamiento, la rotación por cama disminuye y por tanto la ocupación de camas es menor. | Análisis de regresión entre ocupación de camas como variable dependiente y número de ingresos y rotación de camas como variables predictoras. | Cuantitativo Completo continuo |

En la tabla 12 se puede visualizar las causas con mayor facilidad de cambio o solución que podrían generar un mayor impacto en la variable de salida. Para cada posible causa, se escribió una teoría sobre su impacto en la variable de salida, de igual manera se detalló cómo se va a verificar, el tipo de datos y el estado de esta.

2.3.4 Verificación de causas

Para validar estas causas se realizó análisis de regresión, contraste de hipótesis y la herramienta de GEMBA, como se detalla a continuación.

2.3.4.1 Hay días que no se da tratamiento. Se determinaron el número de días por mes que se planificó dar tratamiento versus los días que realmente se dio tratamiento al paciente. Por ejemplo, en septiembre 2022 se daba tratamiento 1 vez por semana (lunes) es decir 4 días en el mes, pero realmente se dio tratamiento 2 días en el mes. A partir de agosto 2023 se planificaba dar tratamiento 2 veces por semana (lunes y jueves) es decir 8 días al mes.

Para verificar esta posible causa se realizó un contraste de hipótesis entre el promedio de días al mes que se planificó dar tratamiento (6.36 días por mes) versus el promedio de días al

mes que realmente se dio tratamiento (4.64 días por mes) para comprobar si hay una diferencia significativa. Bajo el siguiente contraste de hipótesis:

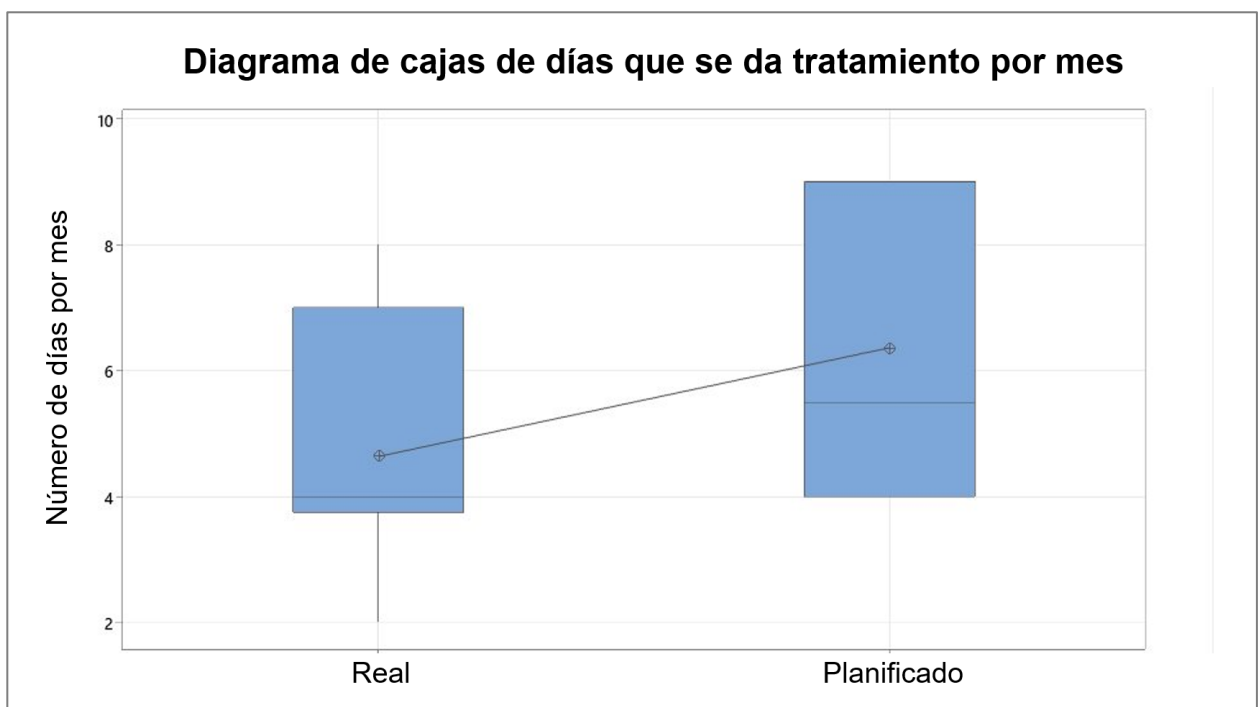
$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Luego de ingresar estos datos en el Software Minitab se obtuvo un valor p de 0.007 que es menor al nivel de significancia escogido para esta prueba, que fue de 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los días al mes que se planifica dar tratamiento es significativamente diferente a los días que realmente se dio tratamiento al mes, como se observa en la figura 18.

Figura 18

Diagrama de cajas de días que se da tratamiento por mes



2.3.4.2 Pacientes reagendados por bajos niveles de TSH. Se sabe que los pacientes con niveles bajos de TSH no pueden ser tratados y pueden o no ser reagendados, por lo tanto, puede perderse la dosis del tratamiento y la cama quedaría desocupada.

Para validar esta causa se utilizó la metodología GEMBA analizando si la reprogramación de pacientes afecta el porcentaje de ocupación de camas.

Analizando los horarios de los pacientes para el tratamiento con yodo, se observó que 2 de 35 pacientes fueron reprogramados porque no cumplían los niveles correctos de TSH (superiores a 30 mU/L), es decir, el 5.7% de los pacientes fueron reprogramados.

Sin embargo, conversando con los médicos y enfermeras del área indicaron que cuando se reprograma a un paciente, se busca a otro paciente para que reciba el tratamiento el mismo día, por lo que no se pierde la dosis de yodo ni se deja la cama sin ocupar, ver figura 19.

Es por esta razón que se concluyó que los pacientes reprogramados por bajo nivel de TSH no afectan a la tasa de ocupación de camas.

Figura 19

Validación de causas con médico jefe de medicina nuclear



2.3.4.3 Retraso en la entrega de carpeta del alta del paciente. Con esta causa se buscó validar que si la carpeta del alta del paciente no esta lista a tiempo, se retrasa el proceso del alta, por lo que la cama no se liberaría a tiempo para admitir a nuevos pacientes.

Para verificar esta causa, observamos durante tres días el tiempo que tardaba la secretaria en completar el certificado médico y el número de interrupciones que tenía mientras lo completaba, como se observa en la tabla 13. Estas interrupciones se debían a pacientes que llegaban a consulta, pacientes con dudas u otro tipo de actividades relacionadas con las funciones de la secretaria.

Tabla 13

Tiempo para completar el certificado médico

| Fecha | Hora inicio | Hora fin | Nro. interrupciones | Tiempo total (min) |
|------------------------------|-------------|----------|---------------------|--------------------|
| lunes, 12 de agosto 2024 | 8:05 | 8:23 | 2 | 18,0 |
| lunes, 12 de agosto 2024 | 8:30 | 8:33 | 0 | 3,0 |
| lunes, 12 de agosto 2024 | 8:46 | 8:58 | 1 | 12,0 |
| lunes, 12 de agosto 2024 | 9:25 | 9:34 | 1 | 9,0 |
| lunes, 12 de agosto 2024 | 10:06 | 10:32 | 3 | 26,0 |
| lunes, 12 de agosto 2024 | 10:40 | 10:46 | 1 | 6,0 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| martes, 13 de agosto 2024 | 9:50 | 9:52 | 0 | 2,0 |
| miércoles, 14 de agosto 2024 | 11:00 | 11:11 | 1 | 11,0 |
| miércoles, 14 de agosto 2024 | 11:24 | 11:36 | 1 | 12,0 |
| miércoles, 14 de agosto 2024 | 12:45 | 12:48 | 0 | 3,0 |
| miércoles, 14 de agosto 2024 | 13:05 | 13:09 | 0 | 4,0 |
| miércoles, 14 de agosto 2024 | 13:10 | 13:12 | 0 | 2,0 |
| miércoles, 14 de agosto 2024 | 13:15 | 13:18 | 0 | 3,0 |

Luego se realizó una prueba de hipótesis entre el tiempo promedio que tarda la secretaria en completar el certificado médico sin interrupciones (μ_1) versus el tiempo promedio que le toma completar el certificado cuando es interrumpida al menos una vez (μ_0). Utilizando el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_0: \mu_0 < \mu_1$$

$$H_1: \mu_0 \geq \mu_1$$

En el diagrama de cajas de la figura 20 se observan que el tiempo promedio de realización del certificado médico con interrupciones es mayor que cuando no hay interrupciones. Al realizar la prueba de hipótesis t-student se obtuvo un valor p de 0.001 que es menor al nivel de significancia de 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que el tiempo para realizar el certificado médico es estadísticamente mayor cuando la secretaria es interrumpida versus cuando no lo es.

Figura 20

Diagrama de cajas de los tiempos de realización del certificado médico



2.3.4.4 Hay pocos ingresos para tratamiento. Con esta causa se buscó validar que, si no hay suficientes ingresos para tratamiento, la rotación por cama disminuye y por tanto la ocupación de camas es menor.

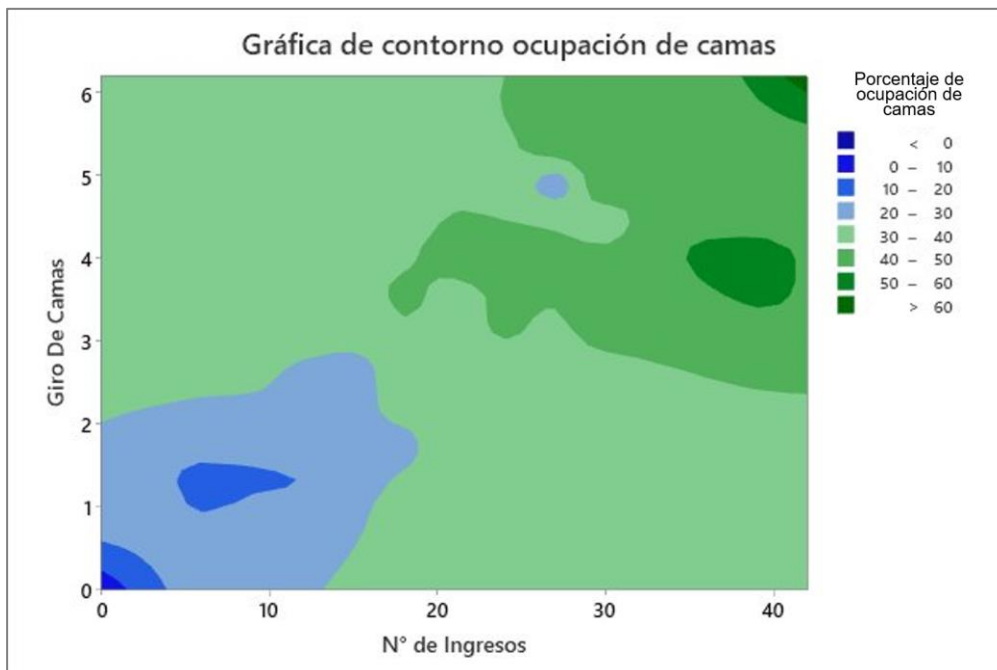
Para validar esta causa se realizó un análisis de regresión entre la ocupación de camas como variable dependiente y el número de ingresos y rotación de camas como variables

predictoras. Para esto se consideraron datos del registro estadístico de indicadores hospitalarios desde enero 2016 a abril 2024.

En la gráfica de contorno de la figura 21 se observa que, si aumentan los ingresos de pacientes, se incrementa el giro de camas y por lo tanto se consiguen altos porcentajes de ocupación de camas.

Figura 21

Gráfica de contornos de porcentaje de ocupación de camas



Esto se evidencia en la ecuación de regresión 2.8. en donde Y es la variable dependiente del porcentaje de ocupación de camas del mes, X_1 el número de ingresos en el mes y X_2 el giro de camas del mes.

$$Y = -1.37 + 0.847X_1 + 9.56X_2 - 0.907(X_2)^2 \quad (2.8)$$

En el ANOVA de la tabla 14 se observa que las variables predictoras X_1 y X_2 tienen valores p menores que 0.05 lo que indica que influyen significativamente en la variable de ocupación de camas. Esta ecuación explica el 72.23% de la variación de Y .

Tabla 14*ANOVA para la ocupación de camas e ingresos de pacientes*

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Regresión | 3 | 10549,6 | 3516,52 | 83,23 | 0,000 |
| Ingresos de pacientes | 1 | 1240,8 | 1240,85 | 29,37 | 0,000 |
| Giro de camas | 1 | 668,3 | 668,3 | 15,82 | 0,000 |
| Giro de camas * Giro de camas | 1 | 284,3 | 284,3 | 6,73 | 0,011 |
| Error | 96 | 4056 | 42,25 | | |
| Falta de ajuste | 72 | 3518,7 | 48,87 | 2,18 | 0,017 |
| Error puro | 24 | 537,3 | 22,39 | | |
| Total | 99 | 14605,6 | | | |

2.3.5 Causas potenciales

Finalmente, con las causas potenciales que pasaron por el proceso de verificación de causas, se utilizó la herramienta de los 5 porqués para obtener las causas raíz. Es importante recalcar que, de las cuatro causas potenciales que habían salido de la matriz de impacto-esfuerzo, se eliminó la número 7, ver tabla 15.

Tabla 15*Herramienta 5 porqués de causas potenciales*

| Causas Potenciales | ¿Por qué? #1 | ¿Por qué? #2 | ¿Por qué? #3 | ¿Por qué? #4 | ¿Por qué? #5 |
|---|--|---|--|---|--------------|
| Retraso en confección de carpeta de alta del paciente | Porque el certificado médico emitido por la secretaria no está listo | La secretaria realiza otras actividades durante el día que no le permiten completar los certificados. | | | |
| Hay pocos ingresos para tratamiento | Hay pacientes que no abandonan pronto la habitación, a pesar de que ya han sido dados de alta. | Son pacientes de la provincia y no quieren irse. | Tienen miedo de contagiar a sus familiares en casa o durante el viaje. | Confusión de medidas de seguridad para guardar aislamiento en casa. | |
| Hay días que no se da tratamiento | No llega el yodo el para dar tratamiento | Inconsistencias en las fechas de entrega de proveedores | La planificación de proveedores considera vacaciones en su país y meses de mantenimiento de su reactor | | |
| | No se tratan vacaciones en Ecuador | El horario de trabajo del oficial de seguridad radiológica considera los días festivos. | | | |

2.3.6 Soluciones potenciales

Después de obtener las causas raíz con la herramienta de los 5 porqués, se continuó agrupando soluciones potenciales para cada causa raíz como se observa en la tabla 16. Según los cálculos realizados anteriormente con regresión lineal, estas soluciones pueden llegar a tener un fuerte impacto en el porcentaje de ocupación de camas del área de yodoterapia. Las mismas que se van a simular y llevar a la etapa de mejora.

Tabla 16

Soluciones potenciales para causas raíz

| Causas Raíz | Soluciones Potenciales |
|--|---|
| | Abrir una sala previa al alta para los pacientes próximos a recibir el alta |
| Los pacientes no tienen claros los requisitos para realizar el aislamiento en sus domicilios | <p>Convenios con albergues u hoteles para cobrar un porcentaje de descuento por habitación a los pacientes dados de alta</p> <p>Persuadir a los pacientes de manera clara y educada de que el hospital está en austeridad, solo podrán permanecer hospitalizados 3 días</p> |
| La secretaria realiza otras actividades durante el día que no le permiten completar los certificados | Automatización de la creación del certificado médico |
| La planificación de proveedores considera vacaciones en su país y meses de mantenimiento de su reactor | Solicite una lista de vacaciones en el país del proveedor y planifique tratamientos según la disponibilidad de yodo. |
| El horario de trabajo del oficial de seguridad radiológica en el hospital considera los días festivos. | El oficial de seguridad radiológica puede capacitar a graduados en enfermería para medir la radiactividad de los pacientes. |

2.4 Implementación

En esta etapa de la metodología DMAIC se evaluaron e implementaron las mejoras propuestas para analizar su impacto sobre la variable de salida que es el porcentaje de ocupación de camas.

| | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|
| 19:00:00 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 20:00:00 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 21:00:00 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 22:00:00 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 23:00:00 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Total | 32,0% | 36,8% | 22,6% | 8,1% | 0,4% | 0,0% | 0,0% | 100,0% |

Los arribos de pacientes siguen una distribución de poisson para cada rango de hora, en donde el parámetro lambda (λ) fue calculado multiplicando los porcentajes de arribos de pacientes de la tabla 16 por el número promedio de pacientes, tal como se indica en la ecuación 2.9.

$$\lambda_{ij} = \% \text{ arribos del día } i \text{ en la hora } j \times \text{llegadas promedio} \quad (2.9)$$

Así, por ejemplo, para simular los pacientes que llegan a su primera consulta los lunes a las 08h00 se usó la distribución de poisson y el parámetro lambda fue calculado usando la ecuación 2.9 como se detalla a continuación:

$$\lambda_{\text{lunes}-08h00} = \% \text{ arribos lunes a las } 08h00 \times 24 \text{ pacientes por hora}$$

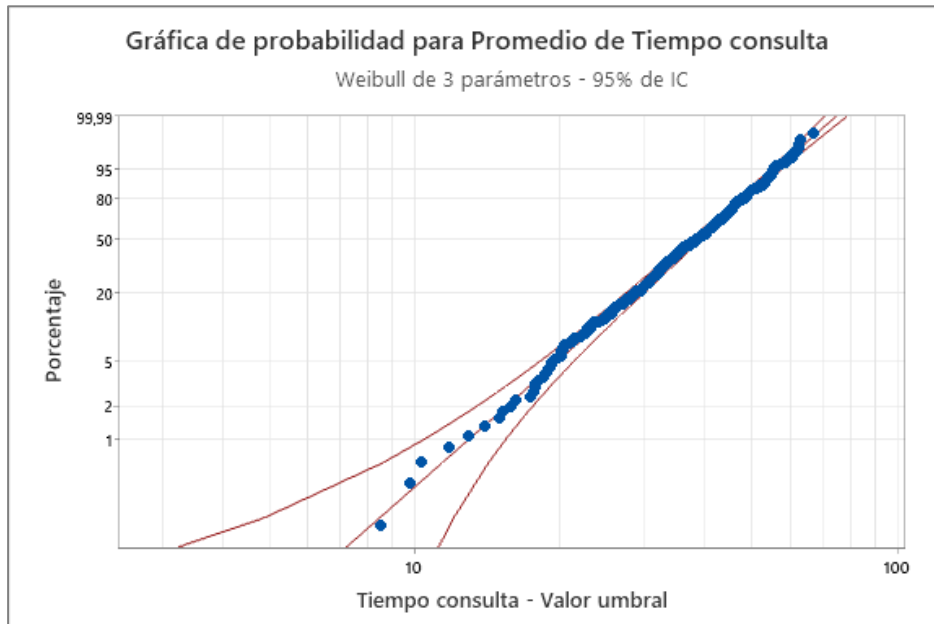
$$\lambda_{\text{lunes}-08h00} = 7.7\% \times 24 = 1.84 \text{ pacientes por hora}$$

Por otro lado, para determinar la distribución de las demás variables de entrada de simulación se usó el software minitab, que realiza una comparación entre varias distribuciones y la que más se acerca a la distribución real es con la que se obtiene un valor p mayor que 0.05.

Por ejemplo, para los tiempos de consulta se obtuvo que la mejor distribución era una distribución Weibull de 3 parámetros, ya que como se observa en la tabla 18, tiene un valor p mayor que 0.5, y además en la figura 22 se observa que todos los puntos se aproximan a esta distribución.

Tabla 18*Prueba de bondad de ajuste para los tiempos de consulta*

| Distribución | AD | Valor p | LRT P |
|------------------------------|--------|---------|-------|
| Normal | 0,454 | 0,269 | |
| Transformación Box-Cox | 0,454 | 0,269 | |
| Lognormal | 16,333 | <0,005 | |
| Lognormal de 3 parámetros | 0,498 | * | 0,000 |
| Exponencial | 76,620 | <0,003 | |
| Exponencial de 2 parámetros | 76,683 | <0,010 | 1,000 |
| Weibull | 0,944 | 0,018 | |
| Weibull de 3 parámetros | 0,257 | >0,500 | 0,000 |
| Valor extremo más pequeño | 3,302 | <0,010 | |
| Valor extremo por máximos | 5,474 | <0,010 | |
| Gamma | 6,320 | <0,005 | |
| Gamma de 3 parámetros | 0,857 | * | 0,000 |
| Logística | 1,001 | 0,005 | |
| Loglogística | 5,740 | <0,005 | |
| Loglogística de 3 parámetros | 1,027 | * | 0,000 |

Figura 22*Gráfica de probabilidad para los tiempos de consulta*

Se realizó este mismo análisis para las otras variables de entrada y se obtuvieron las distribuciones que se observan en la tabla 19.

Tabla 19*Distribuciones de las variables de entrada para simulación*

| Variable de entrada | Distribución | Parámetros |
|--|----------------------|--|
| Arribos de pacientes por hora | Poisson | Lambda (λ) usando la ecuación 2.9 |
| Tiempo de recepción del paciente | Normal | $\mu = 4.97$ minutos $\sigma = 1.00$ minutos |
| Tiempo de consulta | Weibull 3 parámetros | Localización = -8.42 Escala = 42.34 Forma = 3.91 |
| Tiempo de preparación de Licenciadas de enfermería | Normal | $\mu = 18.59$ min $\sigma = 5.64$ min |
| Tiempo de charla de seguridad radiológica | Normal | $\mu = 10.31$ min $\sigma = 1.46$ min |
| Tiempo de la administración del yodo | Gamma | Escala = 0.46 Forma = 43.83 |
| Tiempo de alta del paciente | Weibull 3 parámetros | Localización = -0.73 Escala = 11.32 Forma = 3.32 |
| Días de estancia (dosis alta) | Gamma | Escala = 1.59 Forma = 2.21 |
| Días de estancia (dosis baja) | Exponencial | Escala = 1.59 |

Luego se ingresaron las distribuciones de estas variables en la simulación de FlexSim con lo que se consiguió obtener una simulación de la situación actual en yodoterapia.

2.4.2 Verificación y validación de la simulación

Para verificar la simulación de la situación actual se contactó vía e-mail con el tutor de este proyecto, quién es un experto en el software de simulación FlexSim.

En la figura 23 se observa el diseño de la simulación de la planta baja en donde se encuentran los consultorios médicos, y en la figura 24 se visualiza la planta alta de yodoterapia en donde los pacientes reciben el tratamiento y se quedan hospitalizados.

Figura 23

Diseño de simulación en FlexSim (planta baja)

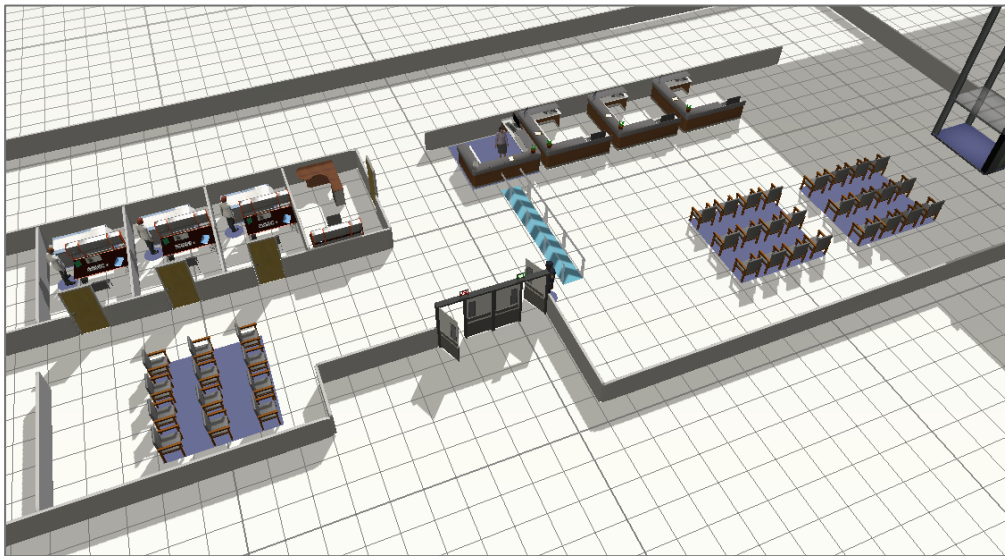


Figura 24

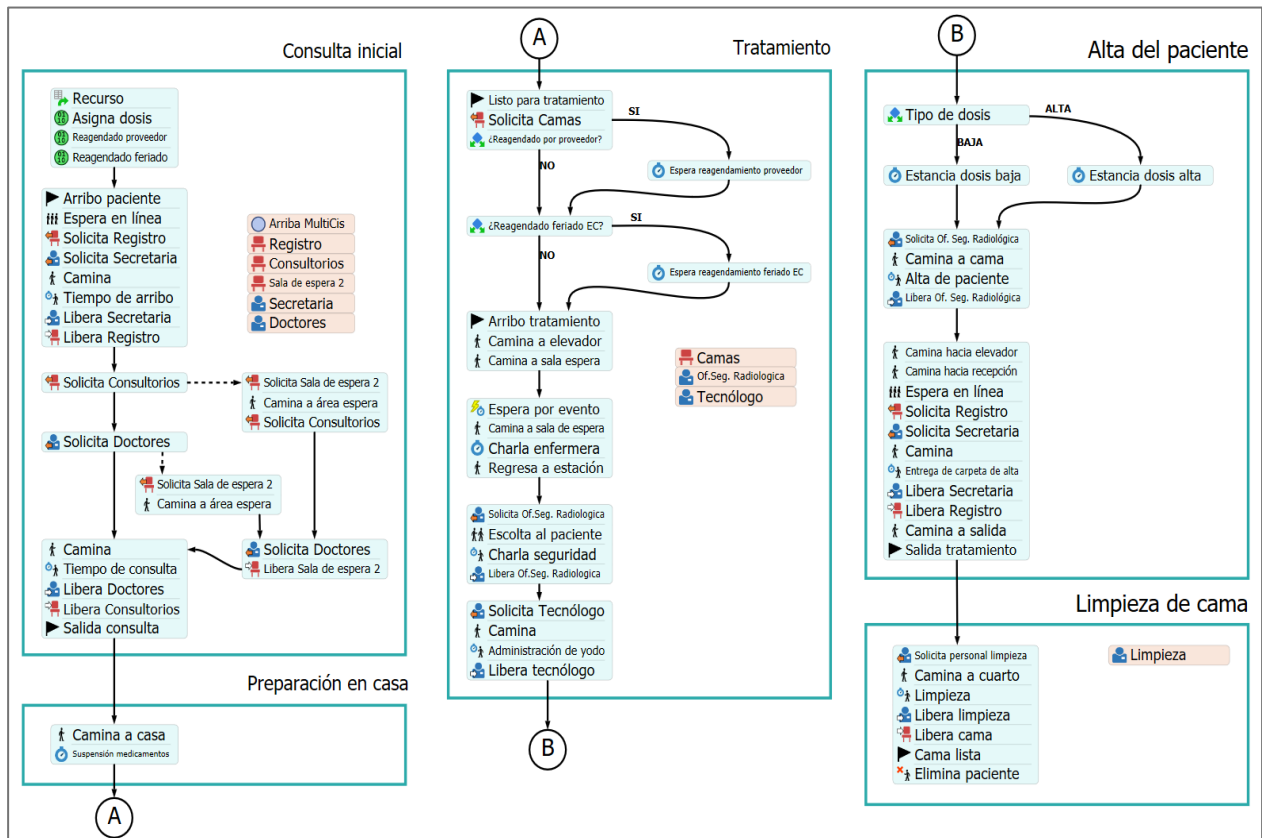
Diseño de simulación en FlexSim (planta alta)



En la figura 25 se observa el modelo de simulación en FlexSim que incluye todo el proceso de hospitalización de yodoterapia, desde que el paciente llega a su primera consulta hasta que recibe tratamiento y es dado de alta.

Figura 25

Modelo de simulación en FlexSim



Es importante indicar que la simulación fue programada para un tiempo de dos meses, desde el 29 de julio hasta el 29 de septiembre del 2024 a las 08h00. Sin embargo, se consideró un tiempo de calentamiento de un mes, ya que durante este tiempo los pacientes con cáncer de tiroides deben suspender la administración de levotiroxina en sus casas, es decir que los ingresos para tratamiento empezarán desde el 29 de agosto, un mes después de su primera consulta. Por esta razón, el porcentaje de ocupación de camas se calculó desde que los pacientes están listos para recibir el tratamiento y se empiezan a ocupar las camas, esto es del 29 de agosto al 29 de septiembre del 2024.

En la figura 26 se observa el número de pacientes atendidos en consulta y los que recibieron tratamiento para una corrida de la simulación. Así mismo, en la figura 27 se observan los porcentajes de ocupación de camas para cada cama y el porcentaje de ocupación promedio, que en esta corrida que fue de 39.55%.

Figura 26

Pacientes atendidos versus tiempo (real)

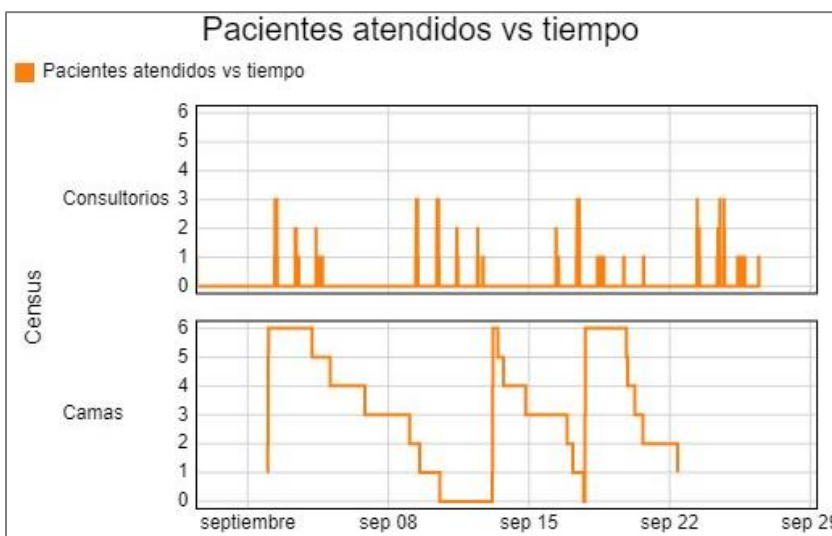


Figura 27

Porcentaje de ocupación de camas (real)



Luego, para realizar la validación, se hicieron 10 réplicas y se obtuvo el porcentaje de ocupación de camas en cada corrida, con esto se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla 20. Se calculó el promedio de estos valores y se realizó una prueba de hipótesis t-student

comparándolo con el promedio de ocupación de camas real del problema actual, que es de 39.91%.

Tabla 20

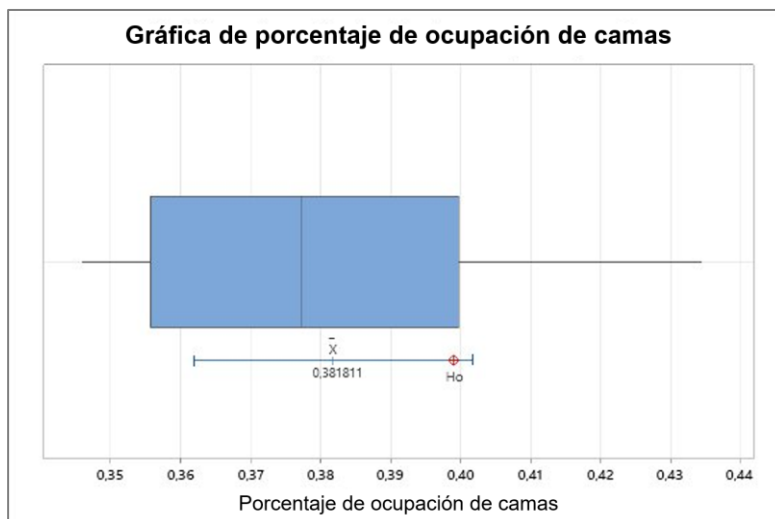
Réplicas de porcentaje de ocupación de camas (real)

| Número de corrida | Porcentaje de ocupación de camas |
|-------------------|----------------------------------|
| 1 | 39,55% |
| 2 | 43,46% |
| 3 | 37,60% |
| 4 | 35,37% |
| 5 | 37,09% |
| 6 | 34,58% |
| 7 | 35,64% |
| 8 | 39,44% |
| 9 | 37,86% |
| 10 | 41,21% |
| Promedio | 38,18% |

Se obtuvo un valor p de 0,081 que es superior al nivel de significación utilizado para esta prueba de 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la ocupación de camas del modelo con 10 réplicas es igual a la ocupación de camas real, como se observa en el diagrama de cajas de la figura 28.

Figura 28

Diagrama de porcentajes de ocupación de camas (real)



Posteriormente, se calculó el número mínimo de corridas que debían realizarse para tener un poder de la prueba de 0,9 con un nivel de significancia de 0,01. Para esto se utiliza la ecuación 2.10 que determina el delta (δ) de la figura 26 con la que se determina el número mínimo de corridas.

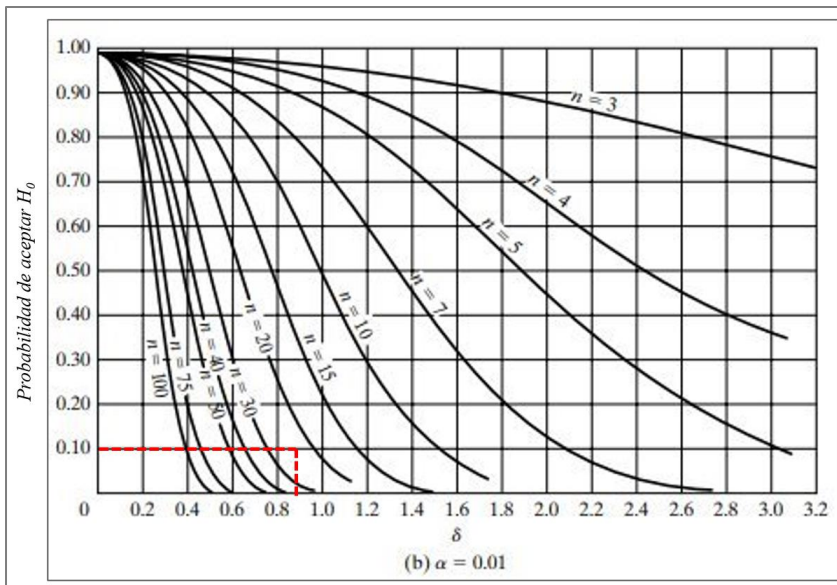
$$\delta = \frac{\text{Máximo error admitido}}{\text{Desviación estándar}} \quad (2.10)$$

El error máximo admitido es de 5% en el porcentaje de ocupación de camas y la desviación estándar es la que se obtuvo con las 10 primeras corridas que fue de 5,7%, usando la ecuación 2.10 se obtuvo:

$$\delta = \frac{\text{Máximo error admitido}}{\text{Desviación estándar}} = \frac{0,050}{0,057} = 0,88$$

Figura 29

Curvas características de operación



Como se observa en la figura 29, el número mínimo de corridas de la simulación para tener un poder de la prueba de 0,9 debe ser de 25 réplicas, por lo cual se corrió la simulación 15 veces más y se obtuvo un porcentaje de ocupación promedio de 38%.

2.4.3 Análisis de costos de las soluciones propuestas

Para escoger la solución más factible, se obtuvo el costo total de cada opción. Se tomó en cuenta la inversión inicial, que sería un valor por pagar solo una vez al inicio para su implementación. Además, se consideró el costo mensual posterior a la inversión inicial. Para obtener el costo total de cada solución, se calculó un costo estimado para tres meses y se añadió a la inversión inicial para cada una de las propuestas.

Tabla 21

Análisis de costos total de cada solución propuesta

| # | Solución | Inversión inicial | Costo mensual | 3 meses después aplicar soluciones | Costo total |
|---|--|---|---------------------------|------------------------------------|-------------|
| 1 | Abrir una sala de pre-alta para pacientes que están cerca de ser dados de alta. | \$2674 (Solo una vez) | \$1,000/mes (1 enfermera) | \$3000 | \$5674 |
| 2 | Acuerdos con hostales u hoteles para ofrecer un descuento porcentual por habitación para pacientes dados de alta. | \$195 dólares (3 días completos del administrador). | \$56 Por Paciente/mes | \$168 | \$363 |
| 3 | Persuadir a los pacientes de manera clara y cortés de que el hospital está en austeridad y que solo podrán permanecer hospitalizados durante 3 días. | \$ 30 (infografía) | \$0 | \$0 | \$30 |
| 4 | Solicitar una lista de días festivos en el país del proveedor y planificar los tratamientos de acuerdo con la disponibilidad de yodo. | \$7.5 (secretaria solicita lista de días festivos) | \$3.75/mes | \$11.25 | \$18.75 |
| 5 | El oficial de seguridad radiológica puede capacitar a las licenciadas en enfermería para medir la radiactividad de los pacientes. | \$162.50 (oficial de seguridad, 4 enfermeras) | \$0 | \$0 | \$162.50 |
| 6 | Automatización de la creación del certificado médico. | \$20 (Capacitación y Creación de Macros) | \$0 | \$0 | \$20 |

2.4.4 Matriz de impacto-esfuerzo de las soluciones

Inmediatamente realizado el análisis de costos de las soluciones propuestas, se las incluyó en la matriz de fuerza impacto, con la finalidad de descartar las soluciones con mayor esfuerzo y menor impacto en la variable de salida. El resultado obtenido fue que de la tabla 22, quedaron como soluciones con alto impacto y bajo esfuerzo las soluciones 3,4,5,6. Como se puede observar en la figura 30.

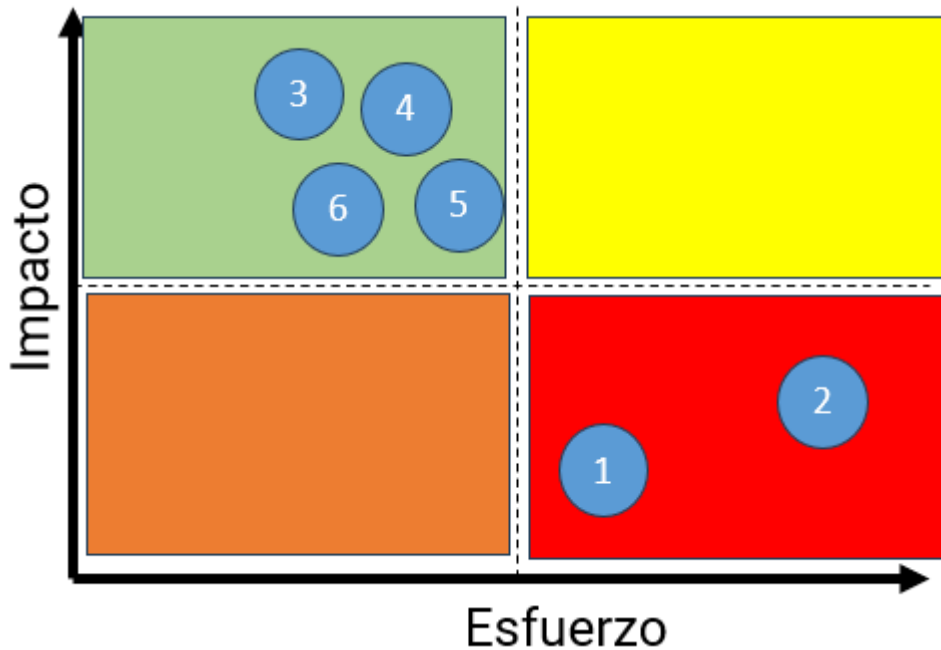
Tabla 22

Lista de soluciones propuestas

| Número | Solución |
|--------|--|
| 1 | Abrir una sala de pre-alta para pacientes que están cerca de ser dados de alta. |
| 2 | Acuerdos con hostales u hoteles para ofrecer un descuento porcentual por habitación para pacientes dados de alta. |
| 3 | Persuadir a los pacientes de manera clara y cortés de que el hospital está en austeridad y que solo podrán permanecer hospitalizados durante 3 días. Después del alta, el paciente debe tener claro el proceso de aislamiento para que se sienta seguro y no afecte a sus seres queridos de ninguna manera |
| 4 | Solicitar una lista de días festivos en el país del proveedor y planificar los tratamientos de acuerdo con la disponibilidad de yodo. |
| 5 | El oficial de seguridad radiológica puede capacitar a las licenciadas en enfermería para medir la radiactividad de los pacientes. |
| 6 | Automatización de la creación del certificado médico. |

Figura 30

Matriz de impacto esfuerzo con soluciones propuestas



2.4.5 Plan de implementación

Para mejorar la eficiencia y organización en el hospital, se han identificado y propuesto varias soluciones. Primero, se está trabajando en persuadir a los pacientes de manera clara y cortés de que el hospital está en una situación de austeridad, permitiéndoles permanecer hospitalizados solo por tres días. Después del alta, es esencial que los pacientes entiendan el proceso de aislamiento para que se sientan seguros y no afecten a sus seres queridos. Esta comunicación se realizará mediante un procedimiento tipo infografía bien definido, el cual se implementará en agosto y cuenta con una inversión de \$30 esto con la colaboración del doctor de medicina nuclear. Actualmente, esta solución está en curso.

Además, se ha decidido solicitar una lista de días festivos en el país del proveedor para planificar mejor los tratamientos y la disponibilidad de yodo radiactivo. Junto con la lista de festivos, se programará una reunión mensual para mantenerse actualizados sobre la entrega del

yodo. Esta medida se ejecutará a través de correos electrónicos a partir de julio con el contacto directo del proveedor en Argentina, con una inversión de \$18.75, y también se encuentra en curso.

Otra solución propuesta es capacitar a las licenciadas en enfermería con la ayuda del oficial de seguridad radiológica para medir la radiactividad de los pacientes, permitiendo que las enfermeras cubran las actividades del oficial de seguridad radiológica durante los días festivos. Esta formación incluirá un certificado que valide los conocimientos adquiridos y está programada para comenzar en septiembre en el hospital, con una inversión de \$162.50. Actualmente, esta solución no ha comenzado.

Finalmente, se está implementando una automatización para la creación de certificados médicos. Dado que la secretaria tiene múltiples tareas y frecuentemente se ve interrumpida, se propone crear una macro que genere el certificado al mismo tiempo que se completa la historia clínica. Esta solución se está desarrollando en el hospital con la participación de la secretaria, y se espera que esté en funcionamiento en agosto, con una inversión de \$20. Actualmente, esta medida está en curso.

En el apéndice B se puede visualizar más detalles sobre todas las soluciones explicadas anteriormente en el plan de implementación.

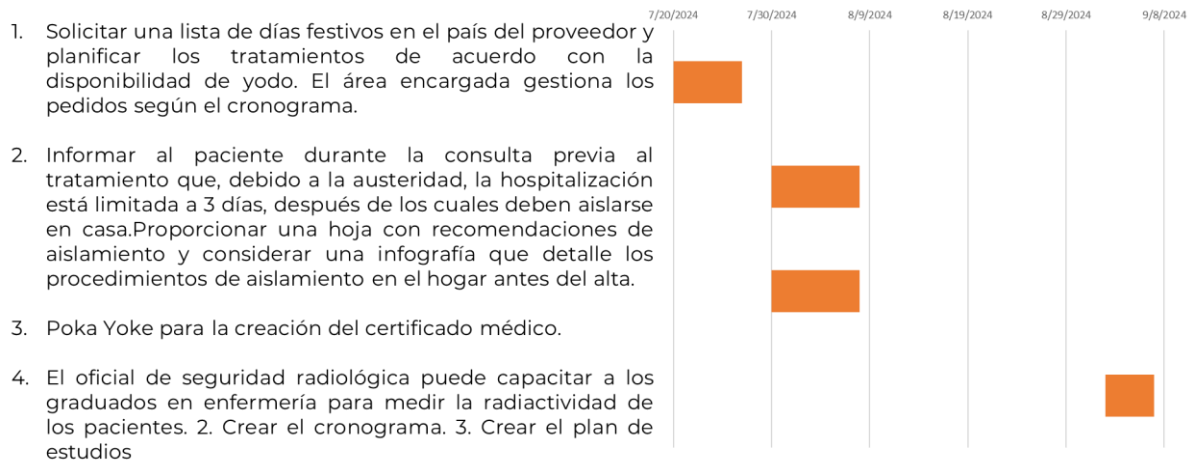
2.4.6 Implementación de soluciones

Con la creación de un diagrama de Gantt como se observa en la figura 31, se estableció fechas de inicio de implementación de las propuestas de soluciones, la primera en aplicarse fue la de solicitar el listado a los proveedores, seguida de la implementación en conjunto de informar al paciente que la estancia es únicamente por 3 días ya que el hospital está en austeridad y

automatización para la creación del certificado médico. La última que se va a implementar es la solución de la capacitación del oficial de seguridad radiológica.

Figura 31

Diagrama de Gantt para la implementación de las soluciones



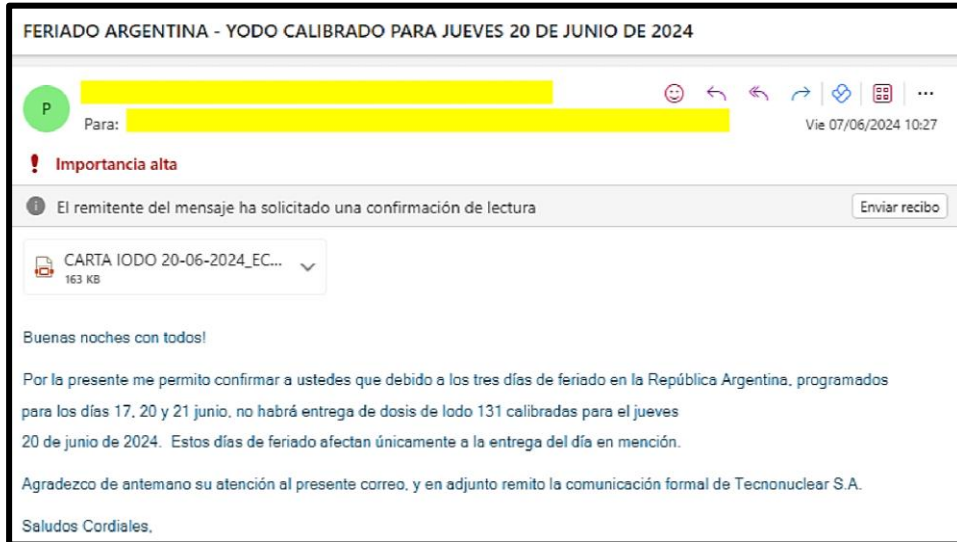
2.4.6.1 Solicitar una lista de días festivos al proveedor. Planificar los días de tratamiento con yodo radiactivo teniendo en cuenta los feriados nacionales en Argentina.

Solicitar con antelación un listado de los días en que no se realizará la entrega de yodo, para que la institución pueda anticipar y tomar las medidas necesarias, como coordinar con un proveedor alternativo o ajustar el calendario de tratamientos.

En la figura 32, se puede observar un correo enviado por parte del proveedor donde indica que, por motivo de feriados no se va a poder realizar una entrega de yodo perjudicando al ingreso de pacientes y al mismo tiempo al porcentaje de ocupación de camas. En la tabla 23 se puede visualizar una lista de feriados solicitada al proveedor que permite a la institución tomar acciones preventivas y planificar sus actividades con anticipación.

Figura 32

Correo del proveedor indicando que por feriado no hay entrega de yodo

**Tabla 23**

Lista de feriado del país del proveedor

| Fecha | Celebración |
|-----------------|--|
| 1 de enero | Año Nuevo |
| 12 de febrero | Carnaval |
| 13 de febrero | Carnaval |
| 24 de marzo | Día Nacional de la Memoria por la Verdad y la Justicia |
| 29 de marzo | Viernes Santo |
| 2 de abril | Día del Veterano y de los Caídos en la Guerra de Malvinas |
| 1 de mayo | Día del Trabajador |
| 25 de mayo | Día de la Revolución de Mayo |
| 17 de junio | Paso a la Inmortalidad del General Martín Miguel de Güemes |
| 20 de junio | Paso a la Inmortalidad del General Manuel Belgrano |
| 9 de Julio | Día de la Independencia |
| 17 de agosto | Paso a la Inmortalidad del General José de San Martín |
| 12 de octubre | Día del Respeto a la Diversidad Cultural |
| 18 de noviembre | Día de la Soberanía Nacional |
| 8 de diciembre | Día de la Inmaculada Concepción de María |
| 25 de diciembre | Navidad |

Para la implementación en el FlexSim, primero se realizó una tabla tomando el 2023, los pacientes tratados al mes, el número de feriados en Argentina en el mes, el número de días de feriado en Ecuador al mes, cuantos pacientes se reagendaron por los feriados del proveedor y cuantos pacientes se reagendaron por los feriados en Ecuador, como se observa en la tabla 24.

Tabla 24*Número de feriados y pacientes reagendados por mes en 2023*

| 2023 | Pacientes tratados | # días feriado Argentina | # días feriado Ecuador | Pacientes reagendados proveedor | Pacientes reagendados feriado EC |
|-------|--------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Ene | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Feb | 11 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| Mar | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Abr | 10 | 0 | 1 | 0 | 6 |
| May | 24 | 2 | 2 | 12 | 12 |
| Jun | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jul | 24 | 2 | 2 | 0 | 12 |
| Ago | 20 | 1 | 1 | 0 | 6 |
| Sep | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oct | 20 | 1 | 1 | 0 | 6 |
| Nov | 26 | 1 | 1 | 0 | 6 |
| Dic | 21 | 2 | 2 | 0 | 12 |
| Total | 259 | 8 | 11 | 18 | 66 |

Posteriormente se cálculos el porcentaje de pacientes reagendados por acciones del proveedor y por acciones de la institución, adicionalmente se contó los días que pasarían o tuviera que esperar el paciente para que la institución o proveedor retome sus actividades, como se observa en la tabla 25.

Tabla 25*Porcentaje de pacientes reagendados y tiempo de espera por mes en 2023*

| Meses 2023 | % Pacientes reagendados proveedor | % Pacientes reagendados feriado EC | Tiempo de espera EC | Tiempo de espera proveedor | Comentario |
|------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------------|---|
| Ene | 0.0% | 0.0% | 0 | 0 | |
| Feb | 35.3% | 35.3% | 4 | 0 | lunes 20 y martes 21 carnaval |
| Mar | 0.0% | 0.0% | 0 | 0 | Viernes 24 de marzo (Argentina) |
| Abr | 0.0% | 37.5% | 4 | 0 | Viernes santo 7 (Ecuador y Argentina) |
| May | 33.3% | 33.3% | 5 | 5 | Lunes 1 y viernes 26 de mayo (Ecuador) y lunes 1, jueves 25 mayo (Argentina) |
| Jun | 0.0% | 0.0% | 0 | 0 | Sábado, 17 y martes 20 de junio (Argentina) |
| Jul | 0.0% | 33.3% | 5 | 0 | Viernes 7 de julio, lunes 24 de julio |
| Ago. | 0.0% | 23.1% | 4 | 4 | Viernes 11 agosto primer grito de independencia (Ecuador), lunes 21 de agosto (Argentina) |
| Sep. | 0.0% | 0.0% | 0 | 0 | |

| | | | | | |
|----------|------|-------|---|---|---|
| Oct | 0.0% | 23.1% | 4 | 4 | Lunes 9 octubre independencia (Ecuador), lunes 16 de octubre (Argentina) |
| Nov | 0.0% | 18.8% | 4 | 4 | Jueves 2 de noviembre viernes 3 de noviembre (Ecuador), lunes 20 de noviembre (Argentina) |
| Dic | 0.0% | 36.4% | 5 | 4 | viernes 8, lunes 25 diciembre |
| Promedio | 5.7% | 20.1% | 4 | 4 | |

Tabla 26

Porcentaje de reagendados y días de espera por acciones del proveedor e institución

| 2023 | Atendidos | % reagendados | Mínimo días | Máximo días |
|-------------|-----------|---------------|-------------|-------------|
| Proveedor | 94.3% | 5.7% | 4 | 5 |
| Institución | 79.9% | 20.1% | 4 | 5 |

Posteriormente se añadieron los datos correspondientes de la tabla 26, al software Flexsim en la sección correspondiente para el proveedor como se observa en la figura 33, para que el software clasifique a los pacientes según el porcentaje correspondiente.

Figura 33

Cambio en FlexSim para reagendamientos por proveedor

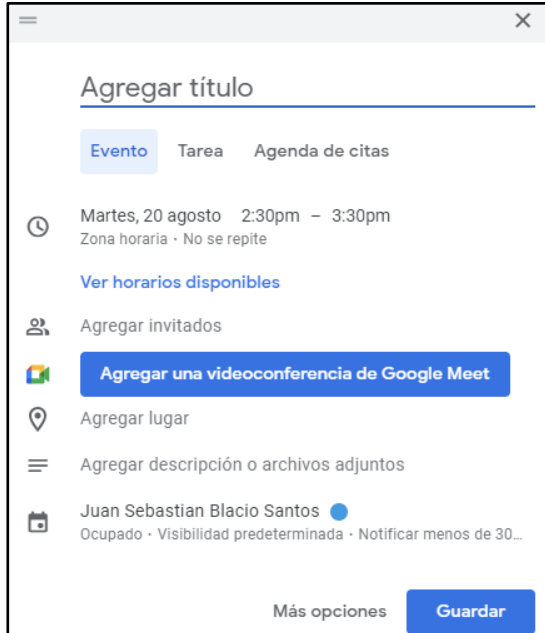
The screenshot shows a dialog box titled "Specify Percentages (must sum to 100) and Values". It contains four input fields:

- Percent: 94.3
- Value: 0/*No reagendado*/
- Percent: 5.7
- Value: Model.parameters["Reagendamiento provee

Adicionalmente se programó un evento en el calendario de Google, como se observa en la figura 34, con la finalidad de que notifique todos los meses a la misma fecha al equipo de los proveedores y la secretaria que hay que compartir un listado actualizado sobre posibles mantenimientos o días festivos.

Figura 34

Creación de evento en calendario de Google



2.4.6.2 El oficial de seguridad radiológica capacita a las licenciadas de enfermería.

Capacitar a las licenciadas de enfermería para realizar actividades como medir y registrar niveles de radiación que se puede visualizar en la figura 35, ya que el oficial de seguridad radiológica en los feriados ecuatorianos no tiene el mismo horario y así no perder fecha de ingreso.

Para esto se creó un cronograma tipo syllabus donde se detalla el contenido que se va a revisar, se puede observar en la figura 36. El curso tiene una duración de cinco días y una hora diaria.

Figura 35

Ejemplo de técnica para medición de niveles radioactivos de los clientes

**Figura 36**

Syllabus de la capacitación por parte del oficial de seguridad radiológica

| | |
|---|---|
| <p>Syllabus de Capacitación en Seguridad Radiológica para Yodoterapia</p> <p>Horario: 5 PM - 6 PM</p> <p>Lunes 5 de Agosto: Teórica Básica de Seguridad Radiológica</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducir los conceptos fundamentales de la seguridad radiológica. - Conocer los tipos de radiación y sus efectos en el cuerpo humano. <p>Temas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción a la Radiación 2. Efectos de la Radiación en el Cuerpo Humano 3. Principios de Protección Radiológica 4. Regulaciones y Normativas <p>Martes 6 de Agosto: Explicación de Equipo Radiológico</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Familiarizarse con el equipo radiológico utilizado en la medición de radiación. - Aprender el manejo adecuado del equipo. <p>Temas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tipos de Equipos Radiológicos 2. Funcionamiento del Equipo 3. Mantenimiento y Verificación 4. Protocolos de Seguridad en el Uso del Equipo <p>Miércoles 7 de Agosto: Explicación del Procedimiento Diario para Medición de Pacientes</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Describir el procedimiento estándar para la medición de radiación en pacientes. - Asegurar la correcta implementación de los protocolos de seguridad. <p>Temas:</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Preparación del Paciente 2. Medición de Radiación 3. Interpretación de Resultados 4. Protocolos de Seguridad <p>Jueves 8 de Agosto: Prueba de Conocimientos</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar los conocimientos adquiridos durante el curso. - Identificar áreas que requieren refuerzo. <p>Actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Examen Teórico: 2. Examen Práctico: <p>Viernes 9 de Agosto: Refuerzo y Entrega de Certificados</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisar y reforzar los conceptos clave. - Celebrar la culminación exitosa del curso y entregar certificados. <p>Temas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión de Contenidos 2. Refuerzo de Procedimientos 3. Entrega de Certificados |
|---|---|

Posteriormente se añadieron los datos correspondientes de la tabla 26, al software Flexsim en la sección correspondiente para el proveedor como se observa en la figura 37, para que el software clasifique a los pacientes según el porcentaje correspondiente.

Figura 37

Cambio en FlexSim para reagendamento por feriados Ecuador

Specify Percentages (must sum to 100) and Values

| | | | |
|---------|---|---|---|
| Percent | 79.9 | ▼ | ✎ |
| Value | 0/*No reagendado*/ | ▼ | ✎ |
| Percent | 20.1 | ▼ | ✎ |
| Value | Model.parameters["Reagendamento feriad..."] | ▼ | ✎ |

2.4.6.3 Automatización para la creación del certificado médico. El objetivo es que se elimine la intervención manual de la secretaria al realizar el certificado, ya que ella debe realizar otras tareas de acuerdo con su función, que retrasan la generación de este documento.

Se desarrolló una programación en macros de Excel que permite generar automáticamente un archivo para el certificado médico, tomando los datos de la ficha médica del paciente. Con esto, la secretaria solo debe actualizar la fecha del alta del paciente el día del alta.

Con la macro de Excel desarrollada, se tomaron 15 datos del tiempo que se demora la secretaria en completar la fecha del alta, imprimir y entregar el certificado al paciente, como se observa en la tabla 27.

Tabla 27

Tiempos de creación del certificado médico automatizado

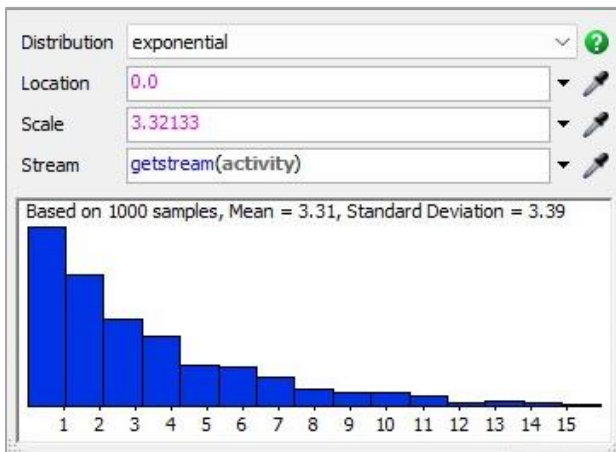
| # | Tiempo para ingresar fecha de alta | Tiempo de impresión y entrega al paciente | Tiempo total (seg.) | Tiempo total (min.) |
|----|------------------------------------|---|---------------------|---------------------|
| 1 | 53 | 2 | 55 | 0,92 |
| 2 | 230 | 46 | 276 | 4,60 |
| 3 | 109 | 6 | 115 | 1,92 |
| 4 | 112 | 10 | 122 | 2,03 |
| 5 | 65 | 3 | 68 | 1,13 |
| 6 | 74 | 0 | 74 | 1,23 |
| 7 | 409 | 1 | 410 | 6,83 |
| 8 | 157 | 3 | 160 | 2,67 |
| 9 | 23 | 5 | 28 | 0,47 |
| 10 | 336 | 6 | 342 | 5,70 |
| 11 | 215 | 10 | 225 | 3,75 |

| | | | | |
|----|-----|----|-----|------|
| 12 | 191 | 3 | 194 | 3,23 |
| 13 | 592 | 0 | 592 | 9,87 |
| 14 | 281 | 46 | 327 | 5,45 |
| 15 | 1 | 0 | 1 | 0,02 |

Luego se ingresaron estos tiempos en el software minitab para determinar la distribución que más se ajuste a los datos. Los resultados indicaron que los datos se ajustan a una distribución exponencial con parámetro de escala de 3.32 minutos por certificado, como se observa en la figura 38. Este cambio en el parámetro de la distribución se aplicó en Flexsim para determinar cómo afecta en la ocupación de camas.

Figura 38

Distribución de los tiempos de creación del certificado médico con mejora



2.4.6.4 Pacientes pueden permanecer hospitalizados por tres días. Esta solución trata sobre informar al paciente que de acuerdo con la dosis de yodo radiactivo administrada deberá quedarse en el hospital de dos a tres días, posterior a eso deberá guardar aislamiento en casa para lo cual se le explica detalladamente cuáles son las medidas de seguridad que debe tomar.

Es importante indicar que, en el momento de la realización de este proyecto, el hospital se encontraba en estado de austeridad provocado por un incremento inesperado de la demanda de pacientes, por lo cual se debía optimizar la estancia hospitalaria, buscando liberar camas y recursos más rápidamente, atendiendo a más pacientes sin comprometer la calidad del cuidado.

Se propuso la implementación de una infografía como apoyo visual para que los doctores le expliquen el día de la consulta a los pacientes las medidas de seguridad radiológicas que debían tener postratamiento, adicional a la hoja de recomendaciones que le entregan, como se observa en la figura 39.

Figura 39

Infografía con recomendaciones postratamiento para yodoterapia



Para implementar esta mejora en Flexsim se enfocó en la distribución de los días de estancia de los pacientes con dosis altas, ya que este tipo de pacientes son los que en promedio se quedan más de tres días hospitalizados (3.5 días). Este tipo de pacientes representan el 79.69% del total de pacientes hospitalizados y sus días de estancia siguen una distribución gamma con parámetros $\alpha=2.21$ y $\beta=1.59$. Para calcular el promedio de días de estancia de esta distribución gamma se usa la ecuación 2.11.

$$\text{Promedio} = \alpha \times \beta \quad (2.11)$$

Reemplazando los valores de α y β en la ecuación 2.11 se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Promedio} = 2.21 \times 1.59 = 3.51 \text{ días de estancia}$$

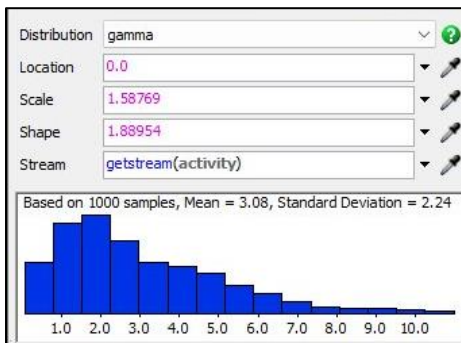
Para asegurarse de que los días de estancia máximo en promedio sea igual 3 días, se decidió controlar la dispersión de los datos manteniendo fijo el valor de β de la distribución original, y despejando el parámetro α de la ecuación 2.11, es decir:

$$\alpha = \frac{\text{Días de estancia promedio}}{\beta} = \frac{3 \text{ días}}{1.59} = 1.89$$

Por lo tanto, se cambió la distribución en Flexsim de los días de estancia de los pacientes con altas dosis usando los parámetros $\alpha=1.89$ y $\beta=1.59$. Con esto se aseguró de que la distribución esté más sesgada a la izquierda concentrando el mayor número de días de estancias inferiores a 3 días, como se observa en la figura 40.

Figura 40

Distribución de los días de estancia de pacientes con altas dosis



2.4.7 Comparación del mejor escenario en FlexSim

Luego de la implementación en Flexsim, cada solución se corrió 25 veces de manera individual y también se hicieron combinaciones entre ellas, para evaluar con cuál escenario se obtiene el mayor porcentaje de ocupación de las camas.

Es importante indicar que las soluciones para los reagendamientos por feriados en el país del proveedor y reagendamientos por feriados en Ecuador, fueron implementadas de manera conjunta y se consideraron como una sola solución para hacer la comparación de los escenarios.

La descripción de estos escenarios se observa en la tabla 28 y los resultados se analizan en la tabla 29 mostrada a continuación.

Tabla 28

Codificación de escenarios para análisis de resultados

| Escenario | Descripción |
|-----------|---|
| 1 | Situación actual |
| 2 | Solución 1: Automatización del certificado médico |
| 3 | Solución 2: Limitar los días de estancia del paciente |
| 4 | Solución 3: No reagentar por feriados (Ecuador y Argentina) |
| 5 | Soluciones 1 & 2 |
| 6 | Soluciones 1 & 3 |
| 7 | Soluciones 2 & 3 |
| 8 | Todas las soluciones |

Tabla 29

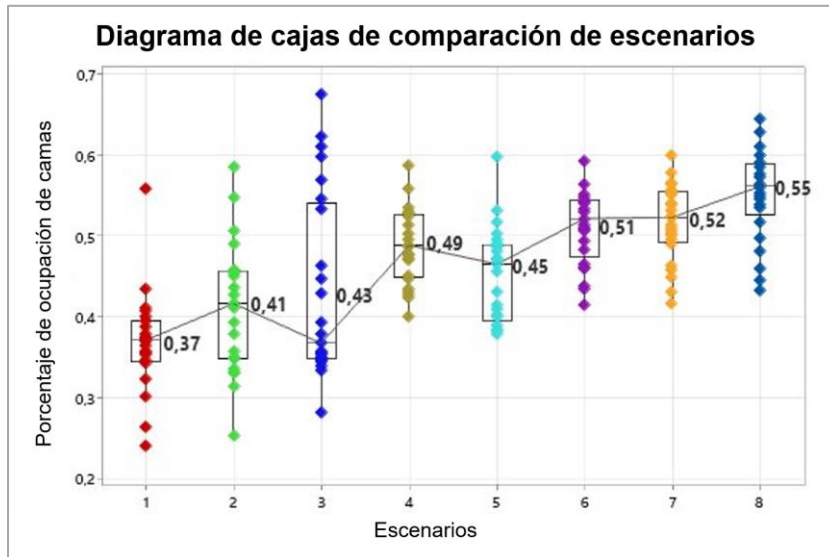
Resultados de implementación en Flexsim

| Réplica | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 | Escenario 4 | Escenario 5 | Escenario 6 | Escenario 7 | Escenario 8 |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 39,55% | 41,13% | 42,99% | 48,86% | 47,09% | 50,97% | 52,33% | 55,32% |
| 2 | 43,46% | 35,77% | 39,29% | 46,99% | 43,04% | 43,38% | 44,91% | 62,87% |
| 3 | 37,6% | 34,79% | 35,51% | 49,51% | 38,89% | 41,41% | 43,15% | 44,58% |
| 4 | 35,37% | 25,33% | 59,81% | 47,57% | 51,69% | 59,37% | 41,74% | 43,32% |
| 5 | 37,09% | 33,48% | 57,03% | 50,34% | 49,61% | 53,03% | 54,02% | 56,37% |
| 6 | 34,58% | 45,82% | 35,08% | 47,85% | 38,46% | 46,03% | 50,27% | 51,74% |
| 7 | 35,64% | 33,06% | 33,35% | 52,80% | 46,53% | 52,17% | 55,13% | 58,55% |
| 8 | 39,44% | 45,78% | 54,67% | 53,04% | 47,02% | 50,65% | 52,46% | 53,97% |
| 9 | 37,86% | 39,33% | 34,90% | 58,72% | 38,23% | 59,36% | 59,99% | 64,48% |
| 10 | 41,21% | 41,66% | 37,93% | 45,12% | 41,55% | 54,03% | 55,37% | 46,03% |
| 11 | 37,15% | 45,48% | 36,75% | 44,72% | 40,26% | 56,50% | 49,00% | 55,06% |
| 12 | 32,3% | 49,10% | 46,34% | 43,07% | 48,86% | 43,86% | 45,75% | 57,27% |
| 13 | 40,83% | 43,65% | 44,77% | 53,11% | 49,04% | 53,07% | 55,70% | 59,16% |
| 14 | 36,46% | 37,83% | 35,65% | 42,34% | 39,04% | 50,82% | 53,90% | 54,65% |
| 15 | 34,27% | 43,66% | 67,69% | 52,56% | 50,33% | 55,12% | 50,09% | 61,11% |
| 16 | 55,86% | 58,56% | 62,40% | 55,86% | 59,84% | 54,75% | 56,44% | 57,67% |
| 17 | 38,82% | 54,85% | 35,34% | 51,33% | 48,71% | 54,48% | 56,68% | 60,10% |
| 18 | 30,06% | 31,41% | 34,56% | 42,74% | 37,85% | 46,60% | 49,51% | 62,93% |
| 19 | 37,34% | 37,96% | 34,89% | 47,27% | 48,22% | 54,26% | 51,04% | 53,87% |
| 20 | 26,35% | 45,10% | 61,22% | 43,54% | 53,26% | 46,17% | 57,95% | 56,53% |
| 21 | 35,54% | 33,15% | 33,95% | 48,87% | 47,19% | 48,36% | 51,34% | 49,84% |
| 22 | 37,02% | 42,69% | 34,51% | 52,44% | 37,80% | 53,34% | 55,58% | 58,64% |
| 23 | 34,24% | 34,95% | 28,19% | 40,09% | 40,87% | 49,42% | 50,72% | 53,49% |

| | | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 24 | 39,99% | 50,66% | 34,97% | 48,78% | 40,11% | 51,41% | 46,29% | 48,15% |
| 25 | 23,97% | 45,62% | 53,44% | 53,55% | 45,67% | 54,51% | 53,19% | 56,16% |
| Promedio | 37,88% | 41,23% | 43,01% | 48,84% | 45,17% | 51,32% | 51,7% | 55,27% |

Figura 41

Diagrama de cajas de comparación de escenarios



En la figura 41 se observa que el escenario donde se obtuvo el mayor porcentaje de ocupación fue en el escenario número 8, el cual incluye la implementación de todas las soluciones propuestas. Con este escenario se obtuvo un porcentaje de ocupación de camas promedio 55.27%.

Finalmente, para analizar si esta diferencia es estadísticamente significativa respecto al escenario actual, se utilizó el método de Bonferroni y su desarrollo se muestra en el capítulo 3, en la sección de análisis estadístico.

2.5 Control

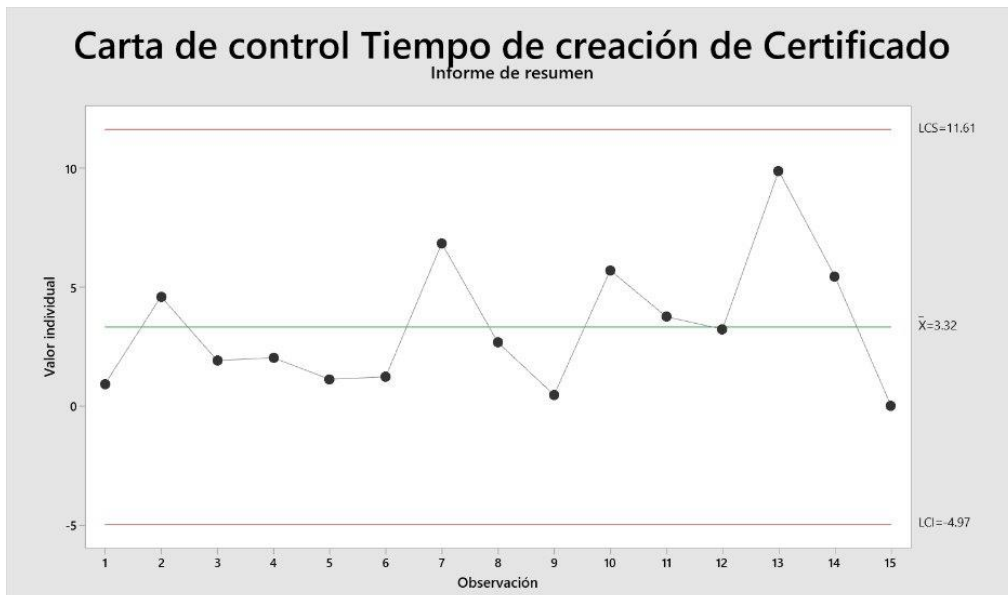
En esta última etapa de la metodología DMAIC se proponen acciones de control para cada solución que aseguren mantener las mejoras a largo plazo. Además, se analiza la estabilidad y capacidad del proceso, y se calculan los indicadores del triple bottom line luego de aplicar las mejoras propuestas.

2.5.1 Plan de control

A continuación, se detallan las acciones que se propusieron para controlar las soluciones implementadas. Para la automatización el certificado médico se propuso que la Administradora del área tome los tiempos de realización del certificado cada tres meses y que el promedio sea de 3 minutos por paciente. En la figura 42 se observa la carta de control de los tiempos del certificado médico.

Figura 42

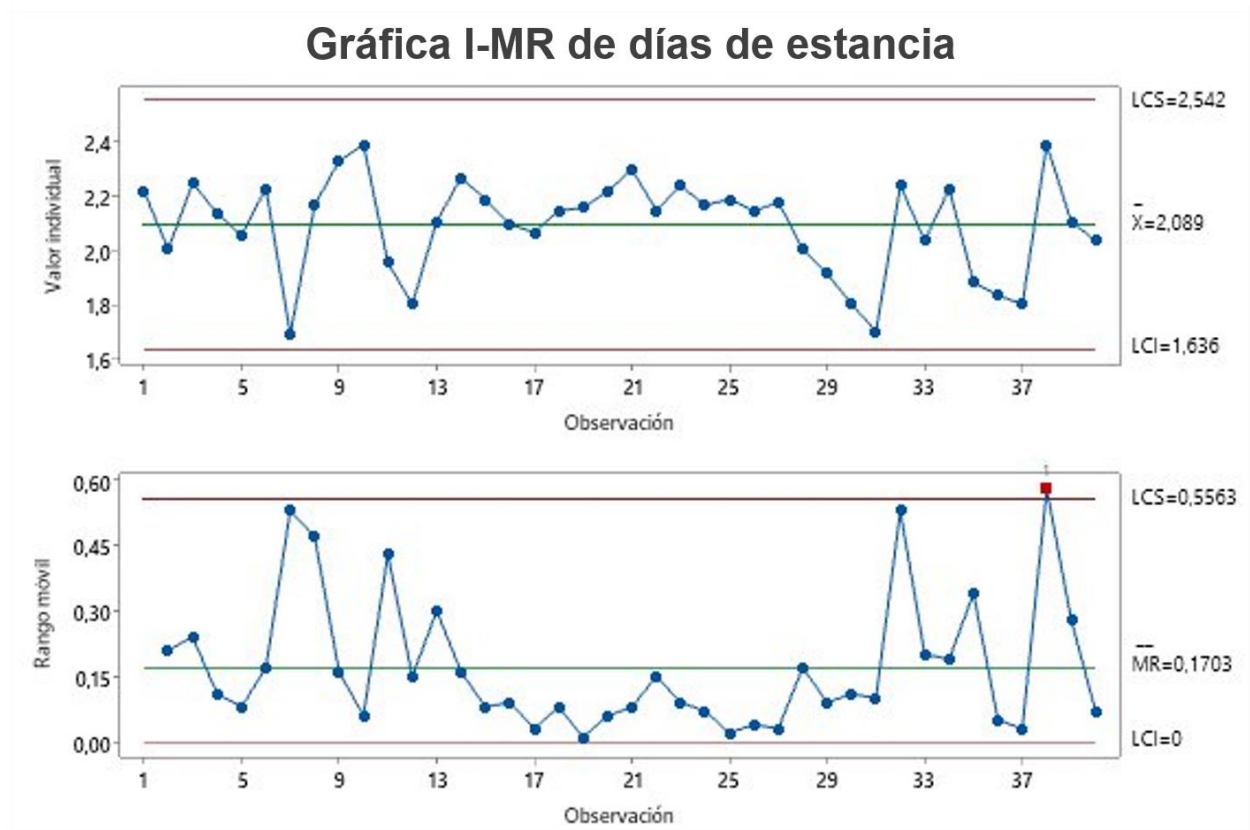
Carta de control para los tiempos del certificado médico



Luego, para controlar que los pacientes se queden hospitalizados hasta 3 días en el hospital, se propuso que los analistas estadísticos del departamento de gestión de información y productividad (GIP) realicen mensualmente una carta de control I-MR de los días de estancia de los pacientes en yodoterapia, como se observa en la figura 43. Esta gráfica debe compartirse con la administradora del área y médico jefe del departamento de medicina nuclear, quienes actuarán si es necesario.

Figura 43

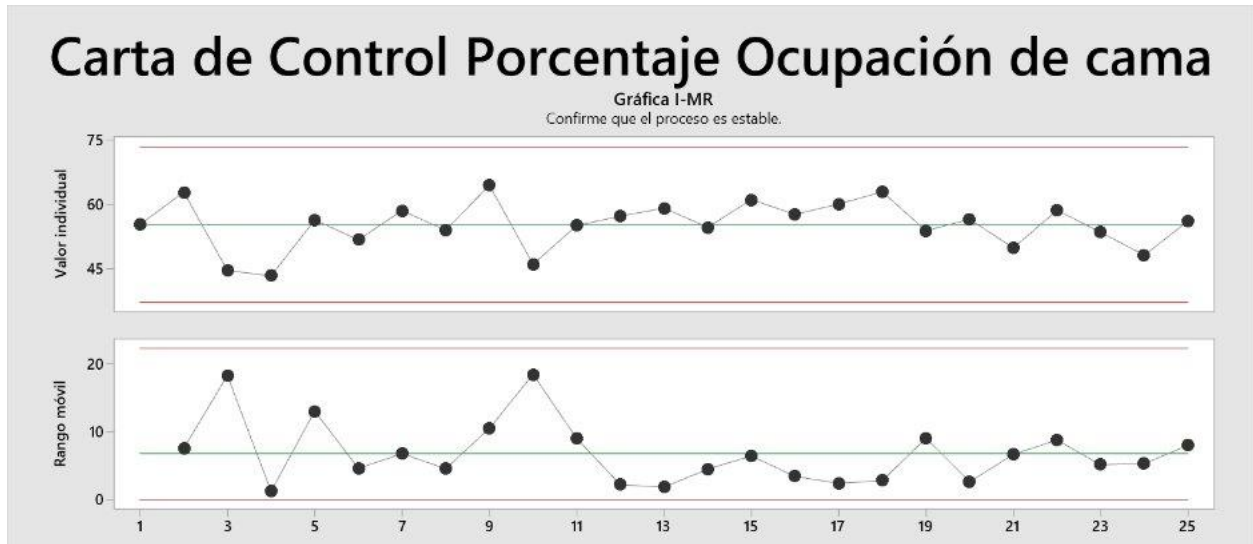
Carta de control para los días de estancia del paciente



Como parte del control visual se propuso mantener la carta del control para el porcentaje de ocupación de camas. Como se observa en la figura 44 los valores deben encontrarse dentro de los límites de control. Esta carta ayuda a que el medico jefe de medicina nuclear analice los porcentajes de ocupación de camas mes a mes, revisando si se está incrementando o reduciendo la ocupación en el área de yodoterapia.

Figura 44

Carta de control para porcentaje de ocupación de camas



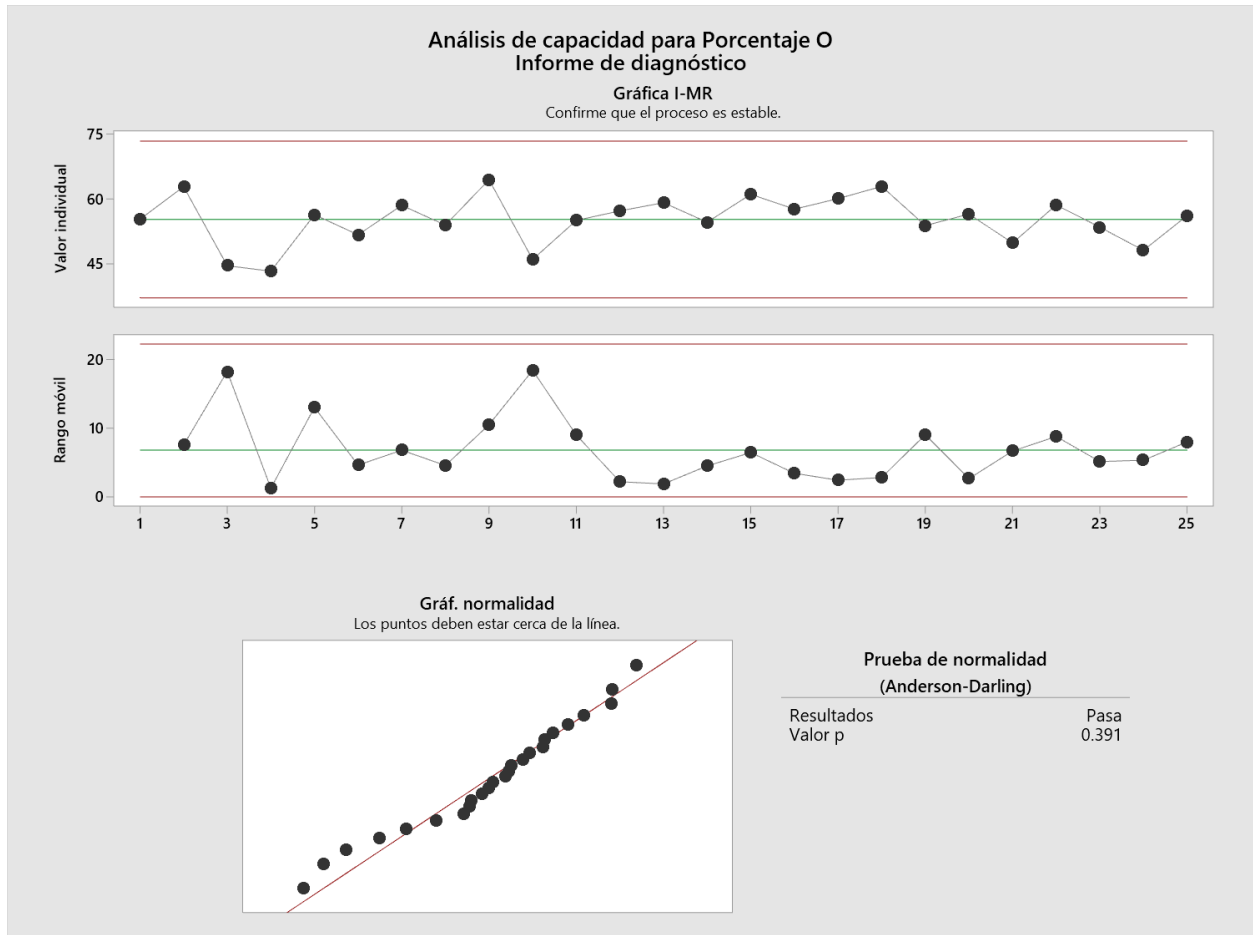
En la tabla del apéndice C se visualizan todos los detalles del plan de control para cada solución implementada.

2.5.2 Análisis de estabilidad y capacidad luego de la implementación

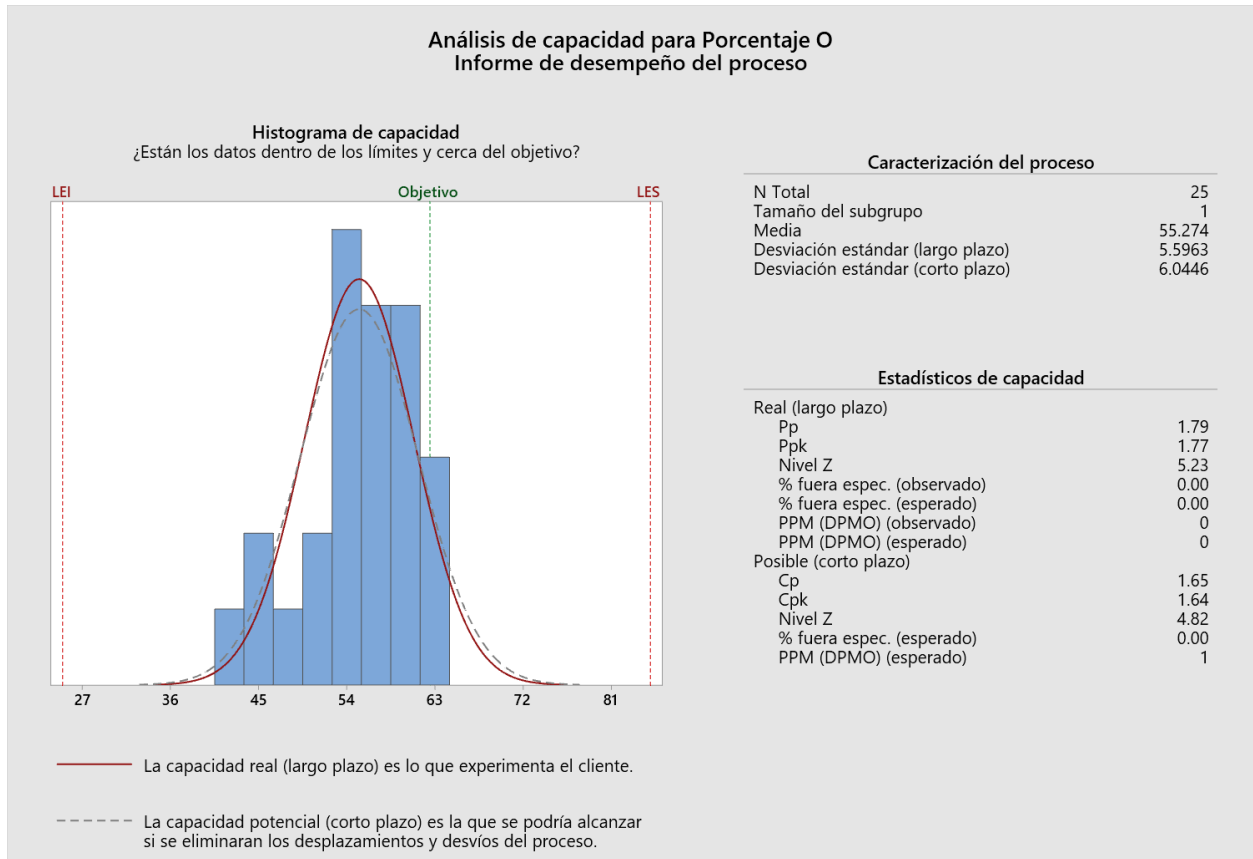
Se realizó nuevamente un análisis de estabilidad para del porcentaje de ocupación de camas después de tomar el escenario correspondiente, como se puede observar en la figura 45 el proceso está bajo control estadístico ya que ningún punto sobre sale de los límites de control, aunque en la varianza se puede ver que algunos puntos se acercan a los límites. Adicionalmente después de realizar la prueba de normalidad (Anderson – Darling) se obtuvo un valor p de 0.391, lo que indica que los datos siguen una distribución normal.

Figura 45

Grafica de control de ocupación de camas con mejoras implementadas



Luego, se realizó el análisis de capacidad con un tamaño de muestra de 25, una media del 55.3 y una desviación estándar a largo plazo de 5.6. En este análisis el Cpk fue de 1.64, en comparación con el análisis de capacidad al inicio de este proyecto que fue de 0.51. Ya que este nuevo valor del Cpk es mayor a 1.33, se puede concluir que el proceso actual es capaz de cumplir los requerimientos del cliente, como se observa en la figura 46.

Figura 46*Análisis de capacidad luego de la implementación***2.5.3 Triple bottom line luego de la implementación de soluciones**

Luego de implementar las soluciones se volvieron a calcular los indicadores del triple bottom line. Para el aspecto económico, se disminuyó el costo de tener las camas vacías de \$7,679 al mes a \$2,960 mensualmente; para el indicador social hubo un incremento en alta de pacientes de 22 pacientes mensuales a 34 pacientes mensuales.

En el aspecto medio ambiental hay un incremento de equipo de protección descartados mensualmente, el incremento fue en sorbetes de plásticos, guantes de nitrilo y jeringas, ver las tablas 30 y 31. Para este incremento, se propone que, una vez que haya decaído la radiación según el control del Físico Médico, debe ser enviado al centro de acopio como desecho común o biológico según corresponda.

Tabla 30*Equipo de protección descartado al mes en yodoterapia (antes soluciones)*

| Equipo | Unidades / mes |
|--------------------------|----------------|
| Rollo de papel film | 1 |
| mangas rojas desechables | 30 |
| Sorbete de plástico | 22 |
| Guantes de nitrilo | 360 |
| Jeringas | 45 |

Tabla 31*Equipo de protección descartado al mes en yodoterapia (después soluciones)*

| Equipo | Unidades / mes |
|--------------------------|----------------|
| Rollo de papel film | 1 |
| mangas rojas desechables | 30 |
| Sorbete de plástico | 34 |
| Guantes de nitrilo | 458 |
| Jeringas | 68 |

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Análisis estadístico

Utilizando el método de Bonferroni se determinó si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de la situación actual y con la implementación de las soluciones.

Para esto, se consideraron todos los escenarios mencionados en la tabla 28, y se determinaron los intervalos de confianza del 95 % para cada combinación de escenario, como se observa en la figura 47.

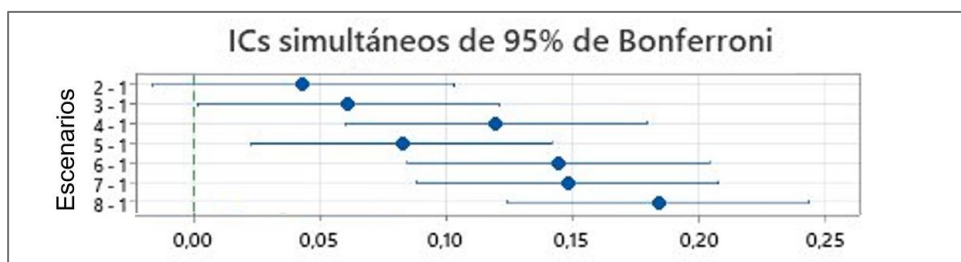
Figura 47

Diferencias entre escenarios utilizando el método de Bonferroni

| Diferencia de Escenarios | Diferencia de medias | EE de IC simultáneo de 95% | Valor T ajustado | Valor p |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|------------------|---------|
| 2 - 1 | 0,0435 | 0,0188 (-0,0160; 0,1031) | 2,31 | 0,607 |
| 3 - 1 | 0,0613 | 0,0188 (0,0017; 0,1209) | 3,26 | 0,037 |
| 4 - 1 | 0,1196 | 0,0188 (0,0601; 0,1792) | 6,36 | 0,000 |
| 5 - 1 | 0,0829 | 0,0188 (0,0233; 0,1424) | 4,41 | 0,000 |
| 6 - 1 | 0,1444 | 0,0188 (0,0849; 0,2040) | 7,68 | 0,000 |
| 7 - 1 | 0,1482 | 0,0188 (0,0887; 0,2078) | 7,88 | 0,000 |
| 8 - 1 | 0,1839 | 0,0188 (0,1244; 0,2435) | 9,78 | 0,000 |

Figura 48

Intervalos de confianza simultáneos de Bonferroni

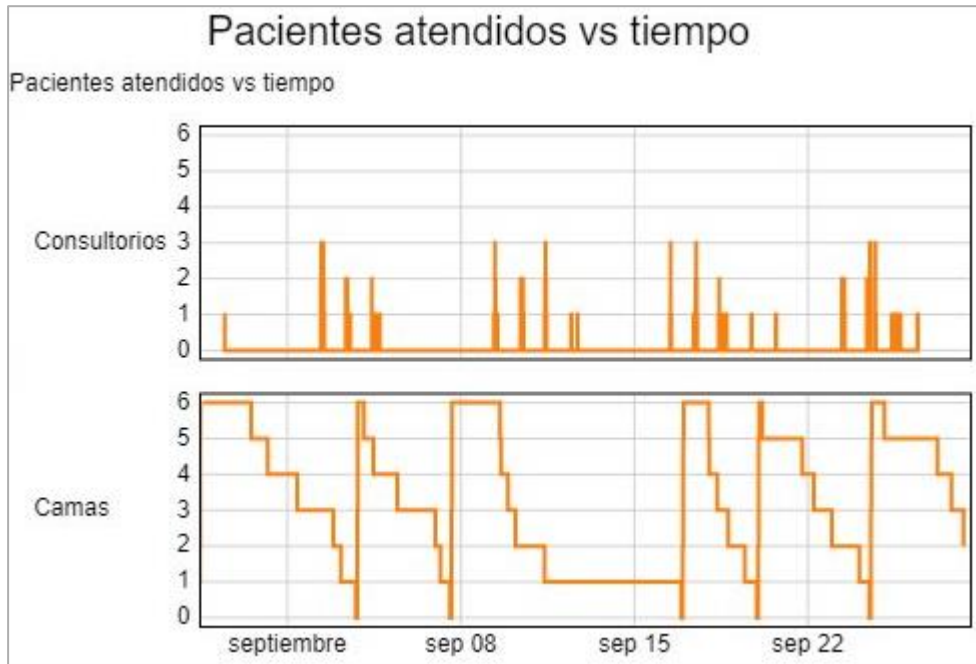


Como se observa en la figura 48, la mayor diferencia estadísticamente significativa respecto a la situación actual (escenario 1), fue con la implementación de todas las soluciones en conjunto (escenario 8). Entre estas medias se obtuvo una diferencia de 0,1839 y el intervalo de confianza del 95% fue el que estuvo más lejano al cero.

En la figura 49 se observa un gráfico de FlexSim con el censo de pacientes que llegaron a los consultorios y los pacientes que fueron dados de alta en el tratamiento, entre el 29 de agosto y 29 de septiembre del 2024.

Figura 49

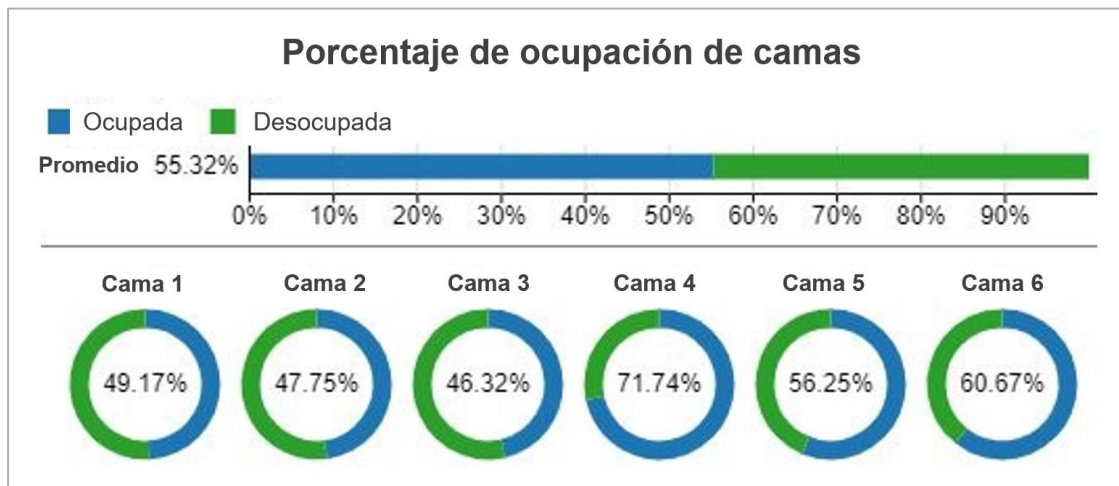
Pacientes atendidos versus tiempo (con mejoras)



En la figura 50 se observan los porcentajes de ocupación de cada cama y el promedio, que luego de implementar las soluciones fue de 55.32 %.

Figura 50

Porcentaje de ocupación de camas (con mejoras)



3.2 Análisis financiero

Para poder implementar todas las soluciones propuestas se calculó una inversión total de \$231.25, como se observa en la tabla 32. Con lo que se incrementó el porcentaje de ocupación de camas en yodoterapia a un 55.32%.

Tabla 32

Análisis de costo de las soluciones aplicadas al proyecto

| Solución | Inversión inicial | Costo mensual | 3 meses después aplicar soluciones | Costo total por solución |
|---|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------|
| Los pacientes pueden permanecer hospitalizados hasta 3 días. | \$ 30.00 | - | - | \$30.00 |
| Solicitar una lista de días festivos del país del proveedor. | \$7.50 | \$3.75 | \$11.25 | \$18.75 |
| Oficial de seguridad radiológica capacita a enfermeras para medición. | \$162.50 | - | - | \$162.50 |
| Automatización de la creación del certificado médico. | \$20.00 | - | - | \$20.00 |
| Costo total | | | | \$231.25 |

Adicionalmente, como se mencionó en el indicador económico del triple bottom line, con las mejoras propuestas se disminuyó el costo por tener las camas vacías, cuyo costo actual era de \$7,679 mensuales. Utilizando la ecuación 2.1 se obtuvo el costo de tener la cama desocupada luego de la implementación:

$$\text{Costo de tener cama desocupada} = \left(\frac{\$ 1\,213.15}{\text{día}} \right) \times 2.44 \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Costo de tener cama desocupada} = \$ 2\,960 \text{ por mes}$$

Luego de la implementación de soluciones se obtuvo un costo por tener las camas vacías de \$2,960, lo cual representa una reducción del 61,45% respecto al costo actual.

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Después de la implementación de cada etapa de este proyecto DMAIC se concluye lo siguiente:

- Se realiza un análisis detallado de las causas del problema con la colaboración del personal y se proponen soluciones de mejora, entre ellas, capacitar a las enfermeras para realizar las mediciones y automatizar los certificados médicos. Con esto se logra aumentar el porcentaje de ocupación de camas de 39,91% a 55,32% y el número de pacientes atendidos pasa de 22 a 34 pacientes por mes.
- Las soluciones propuestas se implementan en la simulación de FlexSim y se determina que las soluciones con mayor impacto en la variable de salida son las que ayudan a eliminar o reducir los reagendamientos de pacientes por feriados.

4.2 Recomendaciones

Una vez culminada la implementación de las propuestas se recomienda tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para la continuidad de este proyecto:

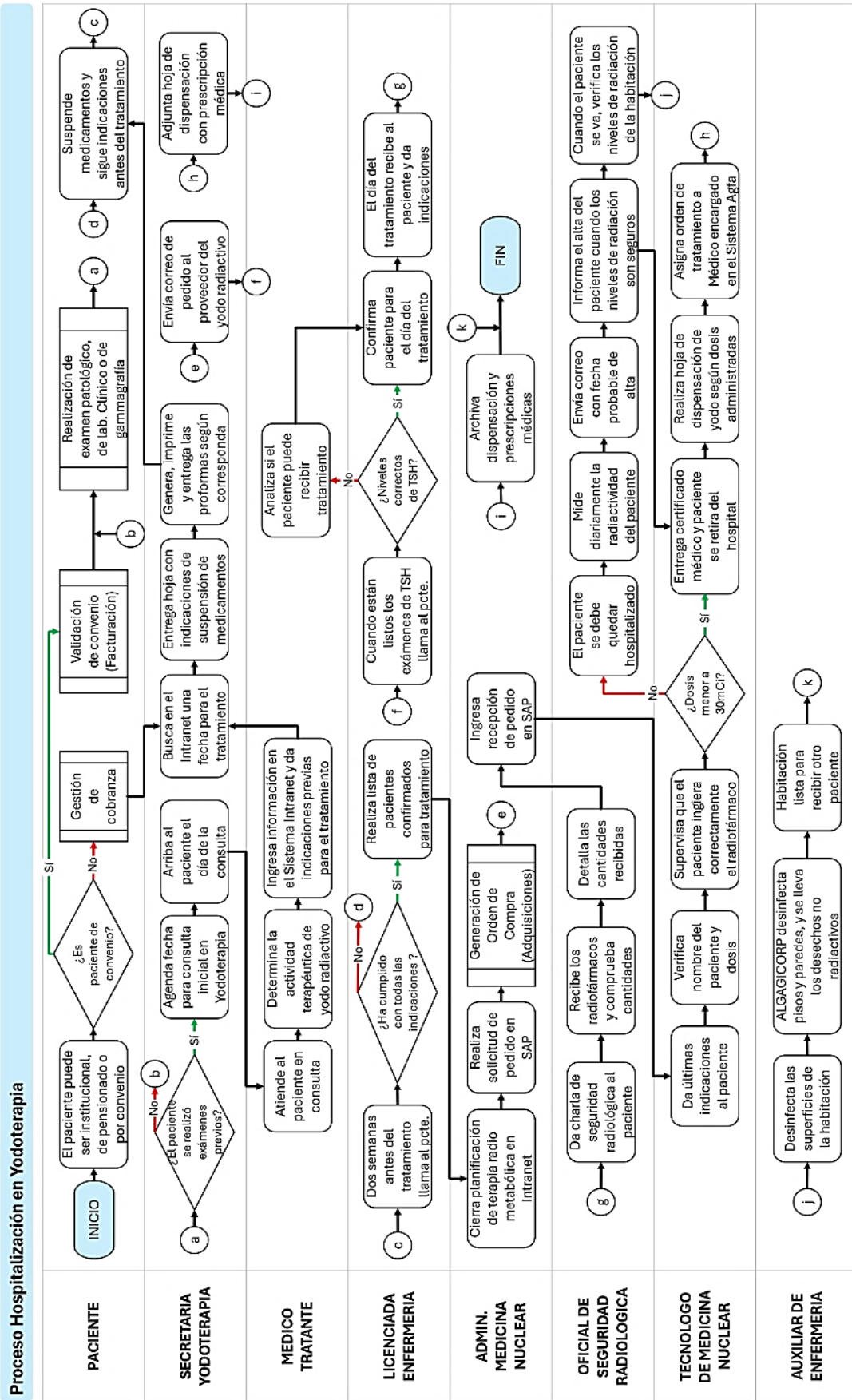
- Analizar los días de entrega de yodo radiactivo por parte del proveedor, evaluando el impacto en la ocupación de camas cuando el tratamiento se administra más de dos veces por semana.
- Evaluar la capacidad de camas de yodoterapia cuando la institución ya no es encuentre en estado de austeridad debido al incremento inesperado en la demanda de pacientes.
- Monitorear de forma continua los indicadores hospitalarios clave para evaluar el desempeño del área y tomar acciones correctivas inmediatas si disminuyen los estándares de calidad establecidos.
- Realizar un levantamiento del proceso que siguen los pacientes con cáncer de tiroides desde la tiroidectomía hasta la yodoterapia, analizando los tiempos de espera en cada etapa.

Referencias

- American Cancer Society. (9 de Enero de 2020). Obtenido de American Cancer Society : <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-tiroides/tratamiento/yodo-radioactivo.html>
- ATA. (24 de Junio de 2014). *American Thyroid Association*. Obtenido de Yodo radiactivo: <https://www.thyroid.org/radioactive-iodine/>
- García Servén, J. (1993). *Guía práctica de los indicadores de gestión para establecimientos de atención médica (Guía práctica)*. Caracas, Venezuela: Disinlimed.
- García, S., & Montenegro, D. (2021). *Implementación y evaluación de herramientas Lean Healthcare por medio del simulador FlexSim*. Honduras: Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC). Obtenido de https://www.laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/student_papers/SP594.pdf
- Gonzáles, V. V., & Barrios, E. H. (2007). Indicadores de gestión hospitalaria. *Revista de Ciencias Sociales*, 3, 444-454. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-95182007000300006&lng=es&tlng=es
- INEC. (10 de Septiembre de 2020). *Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios*. Obtenido de Ecuador en cifras: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/camas-y-egresos-hospitalarios/>
- Medina-Ornelas, S., García-Pérez, F., & Granados-García, M. (2018). Impacto de la medicina nuclear en el diagnóstico y tratamiento del cáncer diferenciado de tiroides. *Gaceta médica de México*, 1-5. doi:10.24875/GMM.18003206
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2002). *Manual de Organización de los Departamentos de Estadística de: Hospitales, Jefaturas y Nivel Central*. Quito: Ministerio de Salud Pública del Ecuador.
- Pérez-Domínguez, L. A., Pérez-Blanco, J. J., García-Villalba, L. A., & Gómez-Zepeda, P. I. (2019). Aplicación de metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad. *Mundo FESC*, 2 - 3. Obtenido de <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/508/551>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016). *Desde los ODM hasta el desarrollo sostenible para todos*. Obtenido de Lecciones aprendidas tras 15 años de práctica: <https://www.undp.org/es/publicaciones/informe-sobre-desarrollo-humano-2016>

- Real-Cotto, J., Quinto-Briones, R., Tanca-Campozano, J., Puga-Peña, G., & Jaramillo-Feijoo, L. (2022). Aspectos epidemiológicos del tumor maligno de la glándula tiroides en Guayaquil. *REVISTA CUBANA DE MEDICINA INTEGRAL*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252022000100011
- SOLCA . (5 de Septiembre de 2023). *SOLCA Quito desarrolló el primer Simposio Internacional de Cáncer de Tiroides del Ecuador*. Obtenido de SOLCA NÚCLEO DE QUITO: <https://solcaquito.org.ec/solca-quito-desarrollo-el-primer-simposio-internacional-de-cancer-de-tiroides-del-ecuador/>
- Teiler, J., Traverso, M., & Bustos , F. (2019). Optimización de procesos relacionados con la gestión del inventario de una farmacia hospitalaria mediante el uso de la metodología Lean Six Sigma. *Revista De La OFil* , 2. doi:<http://dx.doi.org/10.4321/S1699-714X20210001000013>
- Terrazas Pastor, R. (2011). *Planificación y programación de operaciones*. Obtenido de SCIELO: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=s1994-37332011000200002&script=sci_arttext
- Uribe Gómez, S., & Barrientos Gómez, J. (2020). Modelo de simulación sistémica para el dimensionamiento de camas hospitalarias en una institución de salud de alta complejidad utilizando la metodología de dinámica de sistema. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, vol. 19, 2020.

Apéndice A



Apéndice B

Plan de implementación de soluciones

| Solución | ¿Por qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Cuándo? | ¿Quién? | Inversión | Estado |
|--|--|---|----------|------------|----------------------------------|-----------|-----------|
| Pacientes pueden permanecer hospitalizados por 3 días máximo | El hospital está en condiciones de austeridad, y exige que todos los pacientes ingresados permanezcan sólo 3 días. Los pacientes no deben quedarse con dudas o temores acerca de exponer a sus seres queridos. | Con la ayuda de un procedimiento tipo infografía bien definido para explicar mejor. | Hospital | Agosto | Doctor en medicina nuclear | \$30.00 | En curso |
| Solicitar al proveedor una lista de feriados y días de mantenimientos | Tener una mejor organización y planificación de entrega de yodo radiactivo. | Aparte de la lista de festivos, mantener una reunión al mes para estar actualizado | Email | Julio | Contacto del proveedor | \$18.75 | En curso |
| Oficial de seguridad radiológica capacita a las enfermeras para que realicen mediciones de radiactividad | Para los días festivos en los que el oficial de seguridad radiológica no trabaja, los graduados pueden cubrir esas actividades | Realizar una formación con un certificado que valide los conocimientos adquiridos por los titulados en enfermería | Hospital | Septiembre | Oficial de seguridad radiológica | \$162.50 | Pendiente |
| Automatización para la creación del certificado médico | La Secretaria tiene otras actividades que realizar durante el día que no le permiten terminar los certificados rápidamente debido a las interrupciones. | Creando una macro que genere el certificado al mismo tiempo que se llena la historia clínica | Hospital | Agosto | Secretaria | \$20.00 | En curso |

Apéndice C

Plan de control

| Solución | ¿Qué? | ¿Por qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuándo? | ¿Cuánto? |
|--|--|--|--|--|-------------------------------------|--------------|--|
| Automatización para la creación del certificado médico | Tiempo para generar el certificado médico | Si el certificado médico no está listo se retrasa el proceso del alta y la cama no se libera a tiempo | Tomando los tiempos para entregarle el certificado al paciente el día del alta | Recepción de yodo terapia | Administradora de medicina nuclear | Cada 3 meses | En promedio se debe demorar 3 minutos por paciente |
| Pacientes pueden permanecer hospitalizados por 3 días máximo | Días de estancia de los pacientes | Si se aumentan los días de estancia disminuye el giro de camas y por tanto la ocupación | Gráfica de control I-MR de los días de estancia | Gestión de información y productividad | Analistas estadísticos | Mensualmente | Todos los valores deben estar dentro de los límites de control |
| Solicitar al proveedor una lista de feriados y días de mantenimientos | Cantidad de correos enviados al proveedor antes del quinto día del mes | Si el proveedor no entrega yodo por ser feriado o estar en mantenimiento no se pueden dar tratamientos a los pacientes | Revisando los correos mensuales enviados al proveedor | Correo electrónico | Médico jefe de medicina nuclear | Mensualmente | Al menos 1 correo por mes |
| Oficial de seguridad radiológica capacita a las enfermeras para que realicen mediciones de radiactividad | Numero de registros realizados por las enfermeras | Las enfermeras sustituyen al oficial de seguridad radiológica el día de la falta. | En las grabaciones de las cámaras, monitorea la técnica y los registros de mediciones. | Yodoterapia | El oficial de seguridad radiológica | Mensualmente | Registro todos los meses por constancia. |