

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE TECNOLOGÍAS EN SALUD

Guía metodológica para la medición de la incertidumbre del margen de configuración en tratamientos del sistema nervioso central utilizando un TC Simulador.
Hospital San Juan de Dios, 2019.

INFORME DE PROYECTO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN
IMAGENOLOGÍA DIAGNOSTICA Y TERAPEUTICA

Proponente: Ana Rebeca Madriz Cantillo

N.º carné: B23848

Comité asesor:

Directora: Msc. Priscila Vargas Chavarría

Lector: Lic. Jorge Villalobos Rosales

Lector: Dr. Javier Calderón Hernández

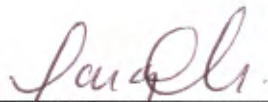
Fecha: 10 de Julio del 2019

Este trabajo final de graduación fue aceptado por la Escuela de Tecnologías en Salud de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, el día 10 de julio del 2019.



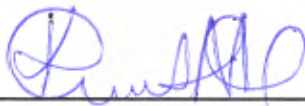
Dr. Horacio Chamizo García

Presidente



Msc. Priscila Vargas Chavarría

Directora



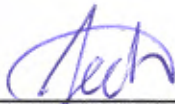
Msc. Carolina Masis Calvo

Miembro de Tribunal



Lic. Jorge Villalobos Rosales

Miembro del Tribunal



Dr. Javier Calderón Hernández

Miembro del Tribunal

Derechos de propiedad intelectual

Este documento pertenece a la suscrita Ana Rebeca Madriz Cantillo, cédula 1-1541-0939. No está permitida la reproducción total ni parcial de este documento sin previo consentimiento por escrito de la autora, según lo establecido en la Ley N° 6683: sobre derechos de autor y derechos conexos. Debe citarse como: Madriz, A. (2019) Propuesta metodológica para la medición de la incertidumbre del margen de configuración en tratamientos del sistema nervioso central utilizando un TC Simulador. Hospital San Juan de Dios, 2019. Proyecto de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, Universidad de Costa Rica. San José.

Dedicatoria y agradecimientos

Quiero dedicar mi Proyecto Final de Graduación a mi familia, por el apoyo inigualable que me brindaron durante toda mi formación académica, a mis padres Silvia y Enrique, por su amor y paciencia, porque me han dado todo lo que han podido y más; a mi hermana, Daniela, que siempre me impulsa a dar lo mejor, me hace reír en los momentos más duros y me levanta el ánimo cuando todo pareciera estar mal. A Tía Misú, por estar siempre ahí para nosotros, siempre aspiro a ser tan buena y generosa con las demás personas como usted nos enseñó. Por siempre voy a estar agradecida con ustedes, no sé qué persona sería si no fuera por su guía, porque me impulsaron todos los días a levantarme de la cama y caminar hacia mi meta.

A mi abuela Chichi, por haberme dado una niñez tan linda y llena de amor e historias bonitas, yo sé que estaría muy orgullosa de ver lo que he logrado, de verme trabajando y esforzándome por dar lo mejor en mi vida, en mis estudios y mi trabajo. También quiero incluir a mi Tommy, que estuvo conmigo en todos los momentos claves de mi vida, nunca voy a tener un perrito tan perfecto y hecho a la medida para mí, que me acompañó en las madrugadas, yo sé que estarías muy feliz de poder celebrar conmigo este logro que tanto ha costado.

A mi comité asesor, la Msc. Priscila Vargas, el Lic. Jorge Villalobos y el Dr. Javier Calderón, que me acogieron cuando ya había dejado botada la meta de sacar la licenciatura, que me apoyaron sacando de su tiempo para reunirse conmigo y aportarme su conocimiento; especialmente quiero agradecerle a mi directora, Priscila, que me llevó de la mano en este proceso, por toda su paciencia y cariño. En serio no hubiera logrado finalizar este capítulo tan importante en mi vida si no fuera por ustedes.

A mi alma mater, la Universidad de Costa Rica, desde que entre no he sido la misma, me lleno de orgullo de tener un título de esta institución tan honorable.

Quiero agradecer de igual manera, a mis amigas y amigos, especialmente a Katherine, Viviana, Melania, Joseline, que hemos ido de la manito durante este proceso, cada quien en su camino pero cerquita y ayudándonos, sabiendo de lo que somos capaces y por siempre hacer bonito el tiempo que pasamos juntas.

Estoy agradecida con mi Dios por haberme guiado en cada paso, por ayudarme a tomar las mejores decisiones y poner gente tan linda en mi camino; por darme mis capacidades y habilidades para cumplir con mis metas, tanto este proyecto, como sé que me va a ayudar a lograr lo que tengo planeado para mi futuro.

Tabla de contenido

Capítulo I	13
1. Introducción	13
1.1. Situación problema	13
1.2. Relación situación problema y objetivo del proyecto	15
1.3. Descripción del proyecto, instancia que pretende ejecutar el plan, objetivo y lugar donde se llevó a cabo.....	15
1.4. Justificación de la relevancia del proyecto	17
1.5. Presentación de la secuencia que tendrá el documento	18
Capítulo II	19
2. Marco de referencia	19
2.1. Situación problema	19
2.2. Contextualización de las acciones para abordar dicha situación problema en el contexto internacional, nacional, local e institucional.....	22
2.3. Contextualización de la instancia que ejecutará el proyecto: nombre y razón social, objetivos y misión institucional, organigrama, ejes de trabajo institucional, programa o proyecto y lugar donde se llevará a cabo.	24
3. Marco conceptual en que se sustenta el proyecto	26
3.1.1. Radioterapia	26
3.1.2. Radioterapia y cáncer	27
3.1.3. Proceso radioterapéutico	28
3.1.4. Funcionamiento equipos de IGRT y simulación	30
3.1.5. Errores por margen de configuración y sus componentes.....	32
3.1.6. Márgenes de tratamiento	33
3.1.7. Principios de la verificación geométrica y su proceso	36
4. Objetivos Generales, Específicos y Externos	39
Objetivo general.....	39
Objetivos específicos	39
Objetivos externos	39
Capítulo III	40
5. Metodología.....	40
5.1. Definición, breve descripción de los contenidos y justificación de la selección del formato de presentación del proyecto.....	40

5.2. Presupuesto disponible para la ejecución del proyecto por parte de la instancia ejecutora.	41
5.3. Población meta, beneficiarios directos e indirectos del proyecto.....	41
5.4. Contexto geográfico, social en que se sitúa el proyecto.....	41
5.5. Áreas de intervención del proyecto y su justificación	42
5.6. Descripción del proceso diagnóstico en que se sustentará el proyecto: fuentes de información, procedimientos de recolección, procesamiento y análisis de la información.....	43
5.7. Fases o etapas de construcción del proyecto y las actividades, funciones y tareas básicas para completar cada una de las secciones contenidas en el formato de presentación del proyecto.....	43
5.8. Mecanismos para evaluar el proyecto.....	45
Capítulo IV	46
6. Análisis de resultados	46
1. Características del proyecto realizado	46
2. Etapas en las cuales se realizó el proyecto y resultados de cada una de estas etapas. .47	
Introducción	66
Objetivos.....	66
Capítulo I	67
Capitulo II.....	79
Medición de los errores sistemáticos y aleatorios del margen de configuración	79
3. Los alcances del proyecto se refiere al tipo de mejoras introducidas con motivo del proyecto, productos entregados durante las etapas iniciales, intermedias y al final del proyecto	92
4. Evaluación del proyecto	93
5. Campos abiertos que deja el proyecto	95
Capítulo V	97
7. Conclusiones y recomendaciones.....	97
8. Bibliografía.....	100
7. Anexos.....	108
Anexo 1. Organigrama HSJD	108
Anexo 2. Organigrama Servicio RT HSJD	109
Anexo 3. Entrevista para dosimetristas, físicos médicos y médicos especialistas	110
Anexo 6. Carta para permiso a la Jefatura del Servicio de RT del HSJD	111
Anexo 7. Permiso Jefatura Servicio de RT del HSJD	112

Anexo 8. Cronograma	113
Anexo 10. Transcripciones	116
Dosimetrista 1	116
Dosimetrista 2.....	119
Médico especialista 2.....	122
Médico especialista 1.....	124
Físico Medico 1.....	126
Físico Medico 2.....	129
Anexo 11. Encuesta evaluación del proyecto	133
Anexo 12. Encuestas.....	136
.....	137

Índice de figuras

Figura 1. Besa de C., Pelayo (2013). Flujograma del procedimiento radioterapéutico.	28
Figura 3. GE Healthcare. (2018) TC simulador usado en el servicio de RT del HSJD: Discovery 590 RT.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 4. ScienceDirect. Volúmenes de tratamiento en la planificación de RT.	33
Figura 5. El Real Colegio de Radiólogos, (2008). Efectos sobre la dosis de los errores aleatorios versus los errores sistemáticos. Fuente: https://www.rcr.ac.uk/system/files/publication/field_publication_files/BFCO%2808%295_On_target.pdf	64
Figura 6. Organigrama HSJD.....	108
Figura 7. Organigrama Servicio de RT del HSJD.....	109

Índice de diagramas

Diagrama 1. Principales conceptos utilizados para describir el margen de configuración.	49
Diagrama 2. Porcentaje de los participantes que concuerdan con la presencia de errores e incertidumbres durante un tratamiento de RT.....	50
Diagrama 3. Ejemplos de errores e incertidumbres por posicionamiento.	51
Diagrama 4. Errores específicos al servicio de RT del HSJD.	52
Diagrama 5. Procedencia de los márgenes de tratamiento utilizados en el servicio de RT del HSJD.	53
Diagrama 6. Razones por las cuales medir los errores es importante	54
Diagrama 7. El 100% de las personas entrevistadas consideran que es crucial tomar en cuenta los errores e incertidumbres en la fase de planificación.	55
Diagrama 8. Argumentos utilizados para defender la importancia del uso de imágenes de verificación a lo largo de la terapia.	56
Diagrama 9. Incertidumbres propias de la persona usuaria. Fuente: elaboración propia en base a las entrevistas realizadas al personal del servicio de RT del HSJD, 2019. ..	58
Diagrama 10. Incertidumbres propias del equipo de simulación, de tratamiento y aditamentos.....	59

Diagrama 11. Incertidumbres propias del personal encargado de la planificación y entrega del tratamiento.	60
--	----

Índice de tablas

Tabla 1. Medición del error por posicionamiento por individuo.	88
Tabla 2. Medición del error sistemático y aleatorio para la muestra.	90

Índice de abreviaturas

3D CRT: RT conformacional

AL: Acelerador lineal

CTV: Volumen tumoral clínico

GTV: Volumen tumoral grueso

GE: General Electric

HSJD: Hospital San Juan de Dios

ICRU: Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas

IGRT: radioterapia guiada por imágenes

IM: Margen interno

kV-CBCT: Tomografía computarizada de haz cónico con kilovoltaje

mV-CBCT: Tomografía computarizada de haz cónico con megavoltaje o Cone Beam Computed Tomography

OAR: Órganos riesgo

PE: Planificación estratégica

PRV: Volumen de planificación de los órganos de riesgo

PTV: Volumen tumoral planificado

RT: Radioterapia

SNC: Sistema nervioso central

TC: Tomógrafo

Resumen

Propuesta metodológica para la medición de la incertidumbre del margen de configuración en tratamientos del sistema nervioso central utilizando un TC Simulador.

Hospital San Juan de Dios, 2019.

Autora: Ana Rebeca Madriz Cantillo

En un tratamiento de radioterapia la precisión es sumamente importante para garantizar que la terapia está siendo entregada de manera óptima, sin embargo, como en todo proceso, se presentan incertidumbres y errores a lo largo del mismo; para asegurar la precisión de un tratamiento de radioterapia estas incertidumbres deben ser tomadas en cuenta en la planificación del tratamiento, para poder ser incluidas en el proceso radioterapéutico primero deben ser medidas. En este proyecto se presenta una propuesta metodológica para poder llevar a cabo esta tarea, en el siguiente documento se describe en que consiste la incertidumbre del margen de configuración, su importancia, el análisis realizado para la creación de la propuesta, la metodología para realizar la medición de esta incertidumbre haciendo uso de un TC simulador y una guía de uso para la herramienta creada en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America).

Palabras clave: Radioterapia, incertidumbre, TC simulador, margen de configuración, imagenología.

Capítulo I

1. Introducción

1.1. Situación problema

La radioterapia (RT), como su nombre lo indica, es un tratamiento que utiliza altas dosis de radiación para paliar o curar diversos padecimientos. Este toma como principio, el daño irreparable que ocurre en el ADN al ser expuesto a dosis altas de radiación. Su objetivo es entregar la mayor dosis posible al volumen tumoral, pero al mismo tiempo, minimizar el daño al tejido sano circundante (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2013).

Existen dos maneras de entregar esta radiación: con un radioisótopo activado en una central nuclear o con tubos generadores de rayos X de alta energía como los Aceleradores Lineales (AL) y las unidades de Cobalto 60 (Co-60) (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2013).

Con el fin de obtener un tratamiento exitoso, el proceso radioterapéutico se divide en cuatro etapas: primeramente, la evaluación clínica y la decisión terapéutica, donde se evalúa la enfermedad y se decide el plan de tratamiento. Se sigue con la simulación y planificación que se lleva a cabo con un tomógrafo (TC) simulador, aquí se define el posicionamiento que va a llevar el individuo durante el tratamiento, una vez definida la posición y demarcada con marcas radiopacas se procede con la planificación y la dosimetría, en esta etapa se escogen los campos y volúmenes de tratamiento, el isocentro y los órganos riesgo (OAR) (Garden, Beadle, Gunn, y Ang, 2006).

Una vez finalizado el plan de tratamiento, se continúa con el desplazamiento, donde a partir de las marcas de la simulación, se mueve a la persona hacia un punto establecido en la planificación dosimétrica conocido como isocentro. Una vez que se llega a la posición deseada, se está listo o lista para la última etapa, recibir el tratamiento (Garden et al., 2006).

El objetivo de la RT es disminuir el volumen tumoral irradiando lo menos posible a los tejidos sanos cercanos, por lo que existen restricciones en volúmenes y en dosis

que se deben respetar durante la dosimetría. Para lograr esto, la Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas (ICRU, por sus siglas en inglés) ha publicado varios reportes con recomendaciones para planificar y reportar los tratamientos en las diferentes tecnologías (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2018).

Los volúmenes de tratamiento consisten en el volumen tumoral grueso (GTV), el volumen tumoral clínico (CTV), el volumen tumoral planificado (PTV), el margen de configuración y el margen interno (IM). El GTV y el CTV son los márgenes propios del grueso del tumor y de la enfermedad subclínica (respectivamente), el PTV, el margen de configuración y el IM son los márgenes de planificación que toman en cuenta los movimientos de la persona, tanto voluntarios como involuntarios, el posicionamiento y las incertidumbres de los inmovilizadores. Se han desarrollado nuevas tecnologías para procurar la precisión de la entrega del tratamiento y, subsecuentemente, disminuir el tamaño de estos últimos tres márgenes (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 1999).

En muchos servicios de RT de alta tecnología, se cuenta con sistemas integrados para la realización de radioterapia guiada por imágenes (IGRT por sus siglas en inglés). Esta tecnología consiste en la toma de imágenes antes del tratamiento y la comparación de ellas con las referencias adquiridas el día de la simulación, con esto, se posibilita ajustar la posición del individuo, para que la dosis sea entregada como se planificó en un inicio (RadiologyInfo.org, 2018).

Es de especial importancia que el tratamiento entregado sea lo más preciso posible y que los márgenes utilizados sean acorde a la población específica de cada servicio; con esto surge la problemática que da origen a este proyecto.

Debido a movimientos y cambios propios del cuerpo del sujeto, posibles errores del personal e incertidumbres propias del equipo de tratamiento y de los aditamentos surgen los errores por margen de configuración, en el Servicio de RT del HSJD no se han medido dichas incertidumbres, ya que no se cuenta con una metodología para llevar a cabo este proceso.

Adicional a esta situación, en la actualidad, las personas profesionales en medicina usan márgenes recomendados por la literatura internacional que no necesariamente se ajustan a las personas usuarias ni al centro de RT. Idealmente las incertidumbres deben ser medidas y luego integradas a los márgenes de tratamiento de tal manera que estos sean específicos a la población, al tipo de terapia, al equipo de tratamiento y al aditamento inmovilizador utilizado.

1.2. Relación situación problema y objetivo del proyecto

Con el fin de generar una metodología a seguir, primero se deben conocer los tipos de errores e incertidumbres y los parámetros ideales específicos para cada centro.

Se ha escogido el margen de configuración como prioridad ya que, toma en cuenta el posicionamiento del individuo y el equipo de inmovilización, este es el margen que se ve mayormente afectado a lo largo del tratamiento.

A nivel internacional, se puede encontrar investigaciones sobre protocolos de verificación y medición de incertidumbres y errores según la modalidad y zona de tratamiento, en dicha literatura se recalca la importancia de evaluar el procedimiento y tener márgenes específicos para cada población y servicio.

A nivel nacional, no se cuenta con los datos ni las herramientas para tabular y medir los errores por margen de configuración, ni para verificar la idoneidad del mismo.

Debido a esta problemática surge la necesidad de este proyecto, con el cual, se pretende crear una metodología con los pasos y sugerencias necesarias para llevar a cabo esta tarea.

1.3. Descripción del proyecto, instancia que pretende ejecutar el plan, objetivo y lugar donde se llevó a cabo

El proyecto pretende obtener como producto, una metodología factible de implementar en el servicio de RT del HSJD, donde se describa paso a paso, el posicionamiento del individuo en el TC simulador, cómo adquirir las imágenes de verificación en el TC simulador y cómo obtener los datos necesarios para llevar a cabo

la medición de las incertidumbres en la herramienta de *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America) provista.

El proyecto fue ejecutado, con la colaboración de los profesionales a cargo de la planificación de los tratamientos en el servicio de RT del Hospital San Juan de Dios (HSJD), una persona profesional en Física Médica, una persona profesional en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica y una persona profesional en medicina con la especialidad en RT.

El proyecto consiste en recolectar información y recomendaciones sobre protocolos de medición de incertidumbres y comparar con la información brindada por el personal entrevistado del servicio de RT del HSJD, con el fin de proponer una metodología que se ajuste a las necesidades del servicio.

En la fase diagnóstica, se realiza una entrevista (Anexo 3) a los funcionarios encargados de la planificación de los tratamientos, con el propósito de obtener la perspectiva que tienen sobre el tema de medición de incertidumbres y verificación de márgenes. En una segunda etapa de análisis, se lleva a cabo una revisión documental, que va a consistir en consultar artículos de revistas actualizados y libros alusivos al tema, que en general detallen parámetros o establezcan recomendaciones en cuanto a la medición de incertidumbres y errores en el margen de configuración. Luego, con base en la información recopilada en las entrevistas, se identifican las causas de las incertidumbres propias del servicio.

Seguidamente, se delimitan los parámetros específicos para la recolección de los datos necesarios para la medición. Se pretende crear una herramienta en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de América) que facilite la tabulación y medición de dichas incertidumbres, además de proveer una guía de uso de dicha herramienta.

Finalmente, se van a establecer las acciones por tomar, una vez tabulados y medidos los datos.

El proyecto se llevará a cabo en el servicio de RT del HSJD que cuenta con un equipo de la marca General Electric, modelo TC Discovery 590 RT, para la planificación, simulación y desplazamiento. A inicios del año 2018 el equipo de tratamiento del servicio (el Cobalto 60) se averió por lo que las personas usuarias están siendo tratados y tratadas en el Hospital México. Sin embargo, las demás etapas del proceso radioterapéutico, incluidas la planificación y la simulación si se llevan a cabo en el servicio de RT del HSJD.

1.4. Justificación de la relevancia del proyecto

El objetivo principal de la RT es entregar la mayor dosis posible al volumen tumoral para disminuirlo, irradiando lo menos posible los tejidos sanos circundantes. La dosis prescrita por el médico radioterapeuta se divide en fracciones. Es importante que durante cada fracción del tratamiento la persona usuaria se posicione lo más similar posible al día del desplazamiento. Sin embargo, esto no siempre sucede ya que existe un rango de incertidumbres inherente al proceso y la posibilidad de que se presenten errores.

Por esta razón, se recomienda contar con un método de medición de incertidumbres y errores para garantizar que la dosis está siendo entregada como se planificó al inicio.

El proyecto generó una metodología basada en la revisión documental y la experiencia de los funcionarios del servicio, esta es viable y se ajusta a la población específica de este centro.

Este aporte es de especial importancia para el personal médico ya que brinda una referencia científica y estadística adecuada para definir, de la manera más óptima, el margen de configuración y el PTV específico de su población, con lo cual, se mejora la calidad de la planificación y la entrega del tratamiento.

El documento generado está disponible para que el personal encargado de la planificación se pueda guiar paso a paso durante el proceso de la medición de incertidumbres. Al contar con esta metodología se garantiza que la terapia está siendo entregada de la mejor manera posible y de manera estandarizada.

El proyecto sirve como base para la creación de una metodología de verificación y medición para otras zonas del cuerpo, otros aditamentos, otros equipos de adquisición de imágenes e inclusive otros centros de RT.

1.5. Presentación de la secuencia que tendrá el documento

Este proyecto se desarrolla en la siguiente secuencia: primero, se plantea la situación y se contextualiza la realidad que da origen al problema, seguidamente, se describe brevemente cómo funciona la RT. Después, las etapas del proceso radioterapéutico. Luego, se describe el funcionamiento del TC simulador y los equipos de IGRT, seguido por, una explicación de los errores comunes que podría presentar dicho proceso, la definición de los márgenes y su importancia para optimizar la terapia. Por último, en qué consiste la medición de incertidumbres y cómo esto se traduce en el margen de configuración. Seguidamente se describe como la propuesta de la metodología es basada en las referencias documentales, la experiencia del comité asesor, la información brindada en las entrevistas y la experiencia obtenida como producto del proyecto.

En los siguientes capítulos se describen los resultados obtenidos en cada una de las fases descritas en la metodología, cual fue la propuesta metodológica y la herramienta creada y como implementarlas al servicio, se finaliza con las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

Capítulo II

2. Marco de referencia

En la siguiente sección se presentan las circunstancias que conllevan a la propuesta de este proyecto, así como el contexto de la instancia donde se llevará a cabo, un marco conceptual con los conceptos más relevantes asociados al tema y los objetivos generales, específicos y externos que se planea cumplir con la finalización de dicho proyecto.

2.1. Situación problema

La RT es un campo de la salud interdisciplinario donde los tratamientos se llevan a cabo con la colaboración de personas profesionales en medicina, física médica e imagenología.

La persona profesional en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica tiene un papel importante, no sólo en la aplicación del tratamiento, sino también en la garantía de calidad de los procedimientos y de los equipos que se usan para tal.

Las nuevas tecnologías permiten la entrega precisa de la dosis planificada al volumen de tratamiento, como se mencionó, es de suma importancia que la posición del individuo sea reproducible, ya que cualquier variación puede resultar en una sobredosis de los tejidos sanos circundantes o una subdosis del volumen a tratar. Cuando el tratamiento es fraccionado, es decir, la dosis total prescrita se divide o fracciona en dosis pequeñas, aumenta la presencia de incertidumbres, para reducir estas variaciones se implementan márgenes de seguridad como el margen de configuración, así como el uso de aditamentos inmovilizadores (Bell, Licht, Rube y Dziema, 2018) (Hoisak y Pawlicki, 2018). La mayoría de los errores en RT son causados por variaciones en el margen de configuración, es decir, en el posicionamiento y anatomía, ya sea por disminución del tamaño del tumor, pérdida de peso, movimientos voluntarios o involuntarios (Delishaj et al., 2018).

Los errores por margen de configuración se definen como cualquier desviación en la posición del sujeto en comparación con la del día de la simulación, es decir, la posición

con la que se planificó el tratamiento. Estas desviaciones se miden en milímetros o en grados de angulación. Para poder medir y corregir estos errores se debe contar con un programa de verificación de márgenes, específicamente del margen de configuración (Delishaj et al., 2018).

La verificación de este margen viene a ser un sistema de control de calidad, Roselló (2004) define este sistema como: "... un conjunto de acciones necesarias para asegurar que un producto se adecúa a unos determinados estándares de calidad." (p. 1)

Para tener un programa de control de calidad es necesario tener bien definido que es el estándar, poder comparar los resultados obtenidos con el estándar, tener establecidos los criterios de aceptación y contar con una guía donde se indique como actuar en función de los resultados obtenidos (Roselló, 2004).

La verificación inicial y subsecuente del tratamiento es un componente importante de la RT. Su rol principal es adquirir imágenes para la ubicación del isocentro y los límites de los campos de radiación previamente planificados. En caso de que las condiciones observadas en la imagen no se ajusten con las condiciones de la planificación, se deberán tomar medidas de corrección (Hoisak y Pawlicki, 2018).

Convencionalmente, la verificación se ha realizado con la obtención de imágenes 2D, ya sean de kilovoltaje o de megavoltaje. Con los avances tecnológicos la tendencia en la actualidad es la adquisición de imágenes de verificación en 3D (Delishaj et al., 2018).

Para medir las incertidumbres y errores por margen de configuración se propuso en este proyecto la generación de una metodología con el uso del TC simulador, que brinda imágenes en 3D de alta calidad, y sigue así la tendencia mencionada por Delishaj et al. (2018).

Para comprobar la idoneidad del tamaño de los márgenes planificados, se hace la propuesta de un procedimiento práctico y veraz, planteado en este proyecto. Como se cita en Chaves y Nájera (2015), para que un servicio de RT logre asegurar la calidad y

efectividad de sus tratamientos y, subsecuentemente, para definir sus márgenes de tratamiento es vital que se tenga conocimiento de los errores e incertidumbres propios del proceso.

Es recomendable determinar los errores, tanto aleatorios como sistemáticos, para todas las técnicas usadas en los diferentes sitios anatómicos y estos datos se debería tomar en cuenta a la hora de establecer el margen de PTV (El Real Colegio de Radiólogos, 2008). En Costa Rica no se posee esta información, por lo tanto, el personal de RT del país se han visto obligados a utilizar márgenes establecidos internacionalmente que no necesariamente se adaptan a las condiciones o métodos terapéuticos propios de cada servicio (Chaves y Nájera, 2015).

Por las razones anteriores es que surge la necesidad de crear una metodología que permita la medición de las incertidumbres y errores por margen de configuración. Con los datos obtenidos en esta medición se facilita la eventual verificación de márgenes, es decir, se garantiza que el margen planificado es del tamaño idóneo para la zona de tratamiento y que el tratamiento se entrega de la mejor manera.

Este aporte es de especial importancia para el personal médico ya que les brinda una referencia científica y estadística adecuada para definir, de la mejor manera, el margen de configuración y el PTV específico de su población, con lo cual, se mejoraría la calidad de la planificación y la entrega del tratamiento.

De esta manera, se logra conocer el valor de las incertidumbres involucradas en este proceso, se construye un camino dirigido a la verificación y la estandarización de protocolos y selección de márgenes y se deja de lado la variabilidad y subjetividad (Chaves y Nájera, 2015).

2.2. Contextualización de las acciones para abordar dicha situación problema en el contexto internacional, nacional, local e institucional.

La verificación de los márgenes utilizados es necesaria para garantizar la calidad de un tratamiento de RT, independientemente de los equipos con los que cuenta el servicio. Por esta razón, se han desarrollado diversas investigaciones internacionalmente en torno a este tema.

En el año 2004, un grupo de investigadores llevó a cabo una investigación en 62 servicios de RT del Reino Unido, con el propósito de monitorear el método de verificación de tratamiento en esta región, prestando especial atención a los puntos mencionados en la guía creada por El Real Colegio de Radiólogos en el año 2002. La investigación se llevó a cabo mediante una encuesta diseñada por médicos radioterapeutas y tecnólogos especialistas; esta se envió por correo electrónico a los encargados de cada centro de RT y estaba dividida en cuatro secciones enfocadas en la demografía del departamento, el equipo de adquisición de imágenes, los protocolos de verificación y el nivel de capacitación del equipo de trabajo (Stratford et al., 2006). Los protocolos de verificación eran específicos para cabeza y cuello, tórax, mama, pelvis y próstata. En cada región anatómica se analizó: el tipo de imagen de referencia, el método de adquisición de la imagen, la frecuencia con la que se toman las imágenes, el registro y la política de correcciones. Luego, se analizaron los datos de manera anónima (Stratford et al., 2006). En total, solo el 48% de los centros devolvieron la encuesta, por lo que los resultados podrían verse sesgados.

De igual manera, se pudo concluir que hay gran variedad de equipos en los diferentes servicios, pero la mayoría cuenta con algún sistema de adquisición de imágenes integrado al equipo de tratamiento. La mayoría de estos centros cuenta con protocolos de verificación específicos para las diferentes zonas de tratamiento, pero hay poco consenso en la frecuencia de adquisición de las imágenes, se observó un incremento en el número de centros que usan el TC simulador para la obtención de la imagen de referencia y la verificación, no obstante, hubo un predominio del uso de

placa de megavoltaje para la imagen de referencia. La colectividad del registro y estrategias de corrección se realizó después de tomadas las imágenes.

Recomiendan que la verificación del tratamiento se vea como algo intrínseco del proceso; es ideal, si se lleva a cabo con un equipo multidisciplinario, es idóneo que los servicios, a nivel nacional, establezcan un protocolo de verificación óptimo para cada zona de tratamiento.

En el Centro Oncológico de la Universidad Javeriana de Bogotá, en el año 2010, se usó el método de comparación de imágenes para estimar las incertidumbres por posicionamiento. Se analizó a 316 pacientes y 814 imágenes en total, luego se compararon las imágenes de verificación con las DRR, tanto en placa radiográfica como en imagen digital. Los resultados se dieron sin hacer distinción en los diferentes tratamientos y se obtuvo un margen promedio en los ejes x, y, z de 3.4mm y de 5mm o más en pacientes con obesidad (Sánchez, González y Rocha, 2010).

A nivel nacional, el Lic. Carlos Nájera y la Licda. Ana Belén Chaves Jiménez realizaron una investigación en el Hospital México en el año 2015, titulada: *Propuesta de protocolo para determinar los Volúmenes Blancos de Planificación (PTV) que pueden aplicarse en los tratamientos de cáncer de cabeza y cuello en un servicio de radioterapia, Costa Rica, 2015*. Esta tesis surge ante la necesidad de definir márgenes propios en el servicio de RT del Hospital México, ya que, como se indicó, a nivel institucional ningún centro ha determinado sus propios márgenes, sino que siguen las sugerencias internacionales (Chaves y Nájera, 2015).

El objetivo del protocolo creado por los autores Chaves y Nájera (2015) fue “Guiar al personal de un servicio de RT en el proceso de determinación de márgenes de PTV para tumores de cabeza y cuello.” (p.12)

Los autores mencionan que, en la literatura, resaltan dos metodologías para llevar a cabo esta medición: la de Stroom, Boer Huizenga y Vizzer (1999) y van Herk, Reneijer, Rasch y Lebesque (2000). Ambos métodos consisten en identificar y corregir las variaciones en el posicionamiento haciendo uso de las imágenes obtenidas con IGRT o imágenes portales. Con base en estas metodologías y una revisión bibliográfica,

Chaves y Nájera (2015) llegaron a la conclusión de que es posible adicionar cuantas variables sean conocidas por el servicio para ser tomadas en cuenta en el cálculo del PTV, siempre y cuando no involucren un mismo parámetro de medición. Los dos métodos utilizados se diferencian por el criterio en que fueron propuestos, no se puede validar o invalidar completamente ninguno, el conocer las variables involucradas en la definición de este margen facilita las decisiones terapéuticas, se vuelven más objetivas y reproducibles. Analizar las imágenes de verificación permite determinar un margen PTV en cada eje, y así, obtener información muy importante concerniente a las incertidumbres del posicionamiento.

2.3. Contextualización de la instancia que ejecutará el proyecto: nombre y razón social, objetivos y misión institucional, organigrama, ejes de trabajo institucional, programa o proyecto y lugar donde se llevará a cabo.

Este proyecto se llevará a cabo en el servicio de RT del HSJD. La Caja Costarricense de Seguro Social (2018) especifica que:

Este hospital fue creado el 3 de julio de 1845, bajo el gobierno del primer presidente del país, José María Castro Madriz. La razón social de esta institución, desde su inicio, ha sido proveer atención médica a los heridos, maltratados y enfermos; este ente ha sido una fortaleza en función de atender diversas emergencias a lo largo de la historia costarricense, como en el caso de la guerra nacional contra los filibusteros, la catástrofe ferroviaria del Virilla y el terremoto de Cartago en 1910. Además de su rol asistencial, este hospital ha servido para la educación y especialización de miles de funcionarios de la salud.
(p.1)

La misión y la visión institucional según la Caja Costarricense del Seguro Social (2018) son las siguientes:

Misión:

Proporcionar los servicios de salud en forma integral al individuo, la familia y la comunidad, y otorgar la protección económica, social y de pensiones, conforme la legislación vigente, a la población costarricense, mediante:

- El respeto a las personas y a los principios filosóficos de la CCSS: Universalidad, Solidaridad, Unidad, Igualdad, Obligatoriedad, Equidad y Subsidiaridad.
- El fomento de los principios éticos, la mística, el compromiso y la excelencia en el trabajo en los funcionarios de la Institución.
- La orientación de los servicios a la satisfacción de los clientes.
- La capacitación continua y la motivación de los funcionarios.
- La gestión innovadora, con apertura al cambio, para lograr mayor eficiencia y calidad en la prestación de servicios.
- El aseguramiento de la sostenibilidad financiera, mediante un sistema efectivo de recaudación.
- La promoción de la investigación y el desarrollo de las ciencias de la salud y de la gestión administrativa.

Visión: “Seremos una Institución articulada, líder en la prestación de los servicios integrales de salud, de pensiones y prestaciones sociales en respuesta a los problemas y necesidades de la población, con servicios oportunos, de calidad y en armonía con el ambiente humano.”

El HSJD es considerado un hospital clase A, ya que cuenta con varios servicios y especialidades, este incluye el servicio de RT donde se llevó a cabo este proyecto. El servicio de RT fue creado con el propósito de ofrecer tratamientos oncológicos bajo la modalidad de radioterapia siguiendo los programas de mejoramiento y control de calidad, de acuerdo con la normativa vigente dictada por el Ministerio de Salud como la autoridad reguladora en materia de control de radiaciones ionizantes.

La misión y la visión de este servicio, según su jefatura (2017), son las siguientes

“Misión: brindar tratamientos de radioterapia, a pacientes con diagnóstico de cáncer, utilizando para esto todos los procesos de control, a fin de garantizar la calidad de los mismos, siendo estos tratamientos con fines curativos o paliativos”. (p.4)

“Visión: ser un servicio de alta tecnología (Aceleradores Lineales, Braquiterapia de alta tasa, etc.) para ofrecer todas las modalidades de tratamientos radioterapéuticos, de acuerdo a los protocolos oncológicos vigentes basados en la evidencia clínica”. (p.4)

Este servicio se conforma por un médico jefe, una persona profesional en medicina general, seis personas profesionales en medicina especializadas en RT, una secretaria, tres personas profesionales en física médica, una encargada de Protección Radiológica, seis personas profesionales en imagenología encargados del proceso de simulación, desplazamiento y entrega de tratamiento, y tres personas profesionales en imagenología encargados de la dosimetría. (Ver Anexo 1 y 2).

3. Marco conceptual en que se sustenta el proyecto

3.1.1. Radioterapia

La RT ha sido una herramienta para el tratamiento del cáncer desde hace más de cien años, esta consiste en el uso de haces de alta energía, ya sea provenientes de un tubo de rayos X o de un material radioactivo. Su importancia y uso han ido en auge desde entonces, empezó en 1896 cuando Emil Herman Grubbe usó rayos X para tratar un cáncer de mama (Schreiber, 2015).

En la RT se puede utilizar diferentes técnicas dependientes de la tecnología y la capacidad del personal. La 3D CRT (RT conformacional) permite mejorar la distribución de la dosis en el tumor y disminuir la dosis entregada al tejido sano. Como su nombre lo indica, consiste en conformar o delimitar con mayor precisión el volumen de tratamiento (Dearnaley et al., 1999). Esto es posible gracias al TC y a avances en el software que permiten planificar los tratamientos en tres dimensiones (Iglesias, 2003).

La IGRT se puede usar en conjunto con la 3D CRT. Esta tiene como propósito disminuir las incertidumbres producidas por movimiento del individuo, cambios de la anatomía o errores del personal. Existen diversos sistemas de IGRT que van desde las placas radiográficas conocidas como imágenes de megavoltaje, a las producidas con el TC simulador (Romero et al., 2009).

3.1.2. Radioterapia y cáncer

El efecto que tiene la radiación en las células es un tema que sigue en investigación, sin embargo, los estudios académicos realizados concuerdan con que la ruptura de la doble cadena de ADN es el principal efecto que tiene este fenómeno. Este rompimiento conlleva a la pérdida irreversible de la reproductibilidad de la célula y a su muerte inevitable (Schreiber, 2015). La formación de radicales libres formados en la radiólisis del agua que rodea dicha célula se conoce como ionización indirecta, es la principal interacción que se da en la célula y es más común que la ionización directa (The American Cancer Society, 2017).

El cáncer es cuando un grupo de células se multiplica de manera descontrolada e invade otros tejidos. Esta patología es una de las principales causas de muerte a nivel mundial. Costa Rica no es la excepción a esta estadística, ya que esta enfermedad es la segunda causa de muerte en el país (Ministerio de Salud, 2015). Las células cancerígenas crecen y se dividen más rápidamente que las células normales, lo que las hace más vulnerables a la radiación y por eso es que la RT es tan importante en el tratamiento de una gran cantidad de tipos de cáncer (The American Cancer Society, 2017).

Esta terapia y la cirugía, son las principales opciones para el tratamiento de tumores en el sistema nervioso central (SNC), específicamente, los encefálicos que representan el 85 – 90% de los tumores primarios del SNC (Instituto Nacional de Salud, 2018). Estos tumores constituyen un grupo de neoplasias con diferentes histologías y tiempos de supervivencia; se pueden tratar desde glioblastomas hasta meduloblastomas (Alert y Jiménez, 2004).

El desarrollo de nuevas tecnologías en RT ha permitido mejorar la entrega del tratamiento para el control local de estas neoplasias que se caracterizan, en su mayoría, por no presentar metástasis a distancia. Gracias a esta característica se pueden usar diferentes modalidades de tratamiento: radiocirugía, RT conformacional en 3D o RT de intensidad modulada.

3.1.3. Proceso radioterapéutico

El proceso radioterapéutico consta de varias etapas que tienen como propósito asegurar el éxito del tratamiento, es decir, garantizar el control de la enfermedad y minimizar el daño a los tejidos sanos circundantes. Estas etapas se ejemplifican en la figura 1 y se describen en detalle en el transcurso de este apartado.

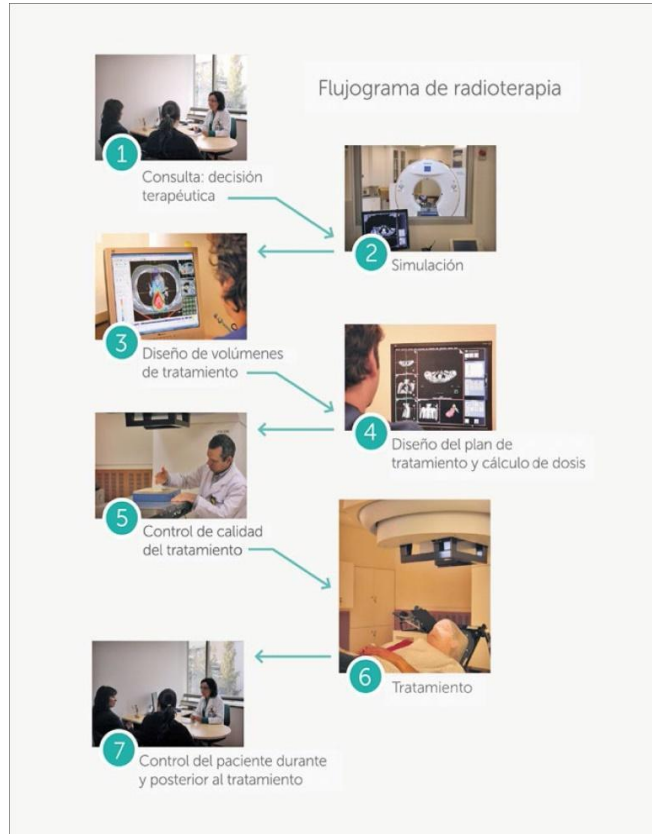


Figura 1. Besa de C., Pelayo (2013). Flujograma del procedimiento radioterapéutico.

Fuente: "Radioterapia externa: lo que el médico general debe saber", de Pelayo, B.D.C. 2013.

Recuperado de <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-radioterapia-externa-lo-que-el-S0716864013702104#aff0005> El primer paso en el tratamiento del cáncer es la evaluación clínica de la enfermedad que incluye el examen físico y el análisis de la información diagnóstica que se ha obtenido, ya sea a partir de TC, resonancia magnética o estudios de medicina nuclear y las pruebas de laboratorio. Una vez conocidos los detalles de la enfermedad, se procede a determinar el objetivo de la terapia (curar o paliar), la modalidad, la dosis y el número de fracciones en los que se entregará la terapia (Oncolink, 2018).

Una vez elegido el plan de tratamiento, se debe simular y planificar, la simulación se lleva a cabo con un TC simulador cuyo funcionamiento se describe a fondo en la sección 2.4.4. Este es un procedimiento de suma importancia, ya que es donde se define la posición que va a llevar la persona durante el tratamiento, así como los respectivos aditamentos para su inmovilización, es esencial que dicha posición sea cómoda y reproducible. Estos inmovilizadores pueden ser personalizados, como es el caso de las máscaras termoplásticas, usadas en el tratamiento de la enfermedad en SNC (Garden et al., 2006).

Adquiridas las imágenes, se escoge un sistema de referencia conocido como “corte cero” que se diferencia con marcas radiopacas llamadas *BBs* y que se utiliza en la planificación (Garden et al., 2006). Estos datos permiten la reconstrucción digital de la imagen de referencia conocida como DRR donde se observan estructuras claves, con las cuales se puede llevar a cabo un proceso de verificación de márgenes y cuantificación de errores de posicionamiento (Garden et al., 2006).

Las imágenes obtenidas en la simulación son transferidas al sistema de planificación o TPS por sus siglas en inglés. En este sistema, se procede a delimitar los volúmenes de tratamiento, los márgenes, el isocentro, y las angulaciones (incidencias del haz) ideales para entregar la dosis. A este proceso se le conoce como planificación, en la cual intervienen el o la dosimetrista, el o la física médica y el o la radiooncóloga (Oncolink, 2018).

El médico tratante es el encargado de definir los volúmenes de tratamiento (el PTV, CTV, GTV) y los tejidos sanos cercanos que se deben proteger de la radiación conocidos como órganos de riesgo (OARs) (Garden et al., 2006). Definidos estos volúmenes se debe escoger el isocentro, centro geométrico del volumen a partir del cual se define el centro de rotación del gantry, la camilla y las proyecciones del haz.

Una vez finalizada la planificación, se procede a desplazar al sujeto a la posición en la que se va a entregar la terapia. El desplazamiento consiste en llevar al individuo del punto cero que se eligió en la simulación al isocentro elegido en la dosimetría. Ya determinado este punto, se marcan unos nuevos puntos que se utilizan para posicionar

al individuo durante su tratamiento y asegurar que se está entregando la dosis correctamente. El desplazamiento se lleva a cabo en el TC simulador, una vez ubicado el sujeto en el isocentro, se obtienen de 3 a 5 imágenes para ver si las marcas anatómicas que se usaron en la dosimetría concuerdan con la imagen obtenida. Si las imágenes concuerdan, se procede con el tratamiento como indicó el médico tratante (Garden et al., 2006).

Conforme se entrega la terapia, se recomienda obtener imágenes de verificación cada cierto tiempo, la cantidad y la regularidad dependen de la zona a tratar.

Cuando se entrega la dosis total planificada, el individuo puede volver a su vida normal, no obstante, en los meses siguientes, se le realizan diversos estudios de laboratorio y de imagenología para ver los efectos de la RT y revisar si se presenta recurrencia de la enfermedad (recidiva) (The American Society of Clinical Oncology, 2015).

3.1.4. Funcionamiento equipos de IGRT y simulación

Existen diversas tecnologías en esta rama de la imagenología, entre los equipos de tratamiento, destacan los aceleradores lineales.

Existen sistemas de adquisición de imágenes, de kilovoltaje o megavoltaje. El más común es el mV-CBCT (Tomografía computarizada de haz cónico con megavoltaje o Cone Beam Computed Tomography), este sistema permite una imagen en 3D obtenida con el haz de tratamiento del equipo donde se pueden observar estructuras óseas, metálicas y zonas de alto contraste; la calidad de la imagen y el contraste no son los mejores (HM Hospitales, 2018).

También existe el kV-CBCT (Tomografía computarizada de haz cónico con kilovoltaje): consiste en un sistema de rayos X ortogonal que se puede adicionar al equipo de tratamiento, suele tener un alto costo; funciona similar a los equipos de rayos X convencionales, pero la calidad de las imágenes es menor. Sin embargo, permite visualizar de igual manera las estructuras óseas y los tejidos blandos (HM Hospitales, 2018).

En la figura 2 se muestra una comparación de las imágenes producidas con cada sistema.

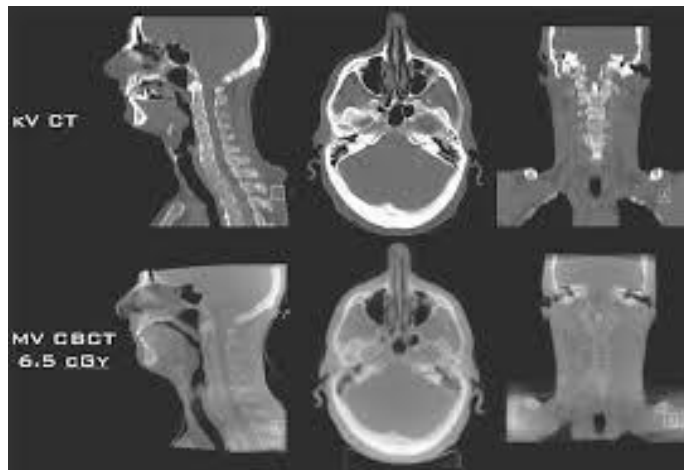


Figura 2. Pouliot, (2007) Comparación imágenes de verificación kilovoltaje vs megavoltaje.

Fuente: "Megavoltage Imaging, Megavoltage Cone Beam CT and Dose-Guided Radiation Therapy.", de Pouliot. 2007. Recuperado de: <https://www.karger.com/Article/PDF/106032>

Para la simulación y el desplazamiento, se usa un TC simulador; este consiste, principalmente, en un tubo de rayos X, una fuente de alimentación de alta tensión y un detector montado en un gantry rotatorio, además de una camilla que ingresa al gantry y permite adquisiciones rápidas de distintas zonas (Cherry, Sorenson y Phelps, 2012).

Una de las partes más importantes del TC es el tubo de rayos X, el cual es un tubo al vacío que contiene un cátodo con una bobina helicoidal y un filamento de tungsteno por el cual se pasa una corriente eléctrica. A medida que el filamento se calienta, se liberan electrones que son acelerados y direccionados por una diferencia de potencial hacia el ánodo. Cuando los electrones interactúan en el ánodo, se produce radiación de frenado y radiación característica o rayos X. El voltaje aplicado al cátodo determinará el espectro de energía de los rayos X producidos (Cherry et al., 2012).

Este también cuenta con un colimador que permite regular el tamaño y la forma del haz de radiación. Una diferencia importante, entre la radioterapia y la radiología convencional, es que las imágenes a obtener no tienen que ser de grado diagnóstico,

por lo que se regula la energía de los rayos emitidos por el tubo y se colima la zona a irradiar de tal manera para disminuir la exposición del individuo (Cherry et al., 2012).

3.1.5. Errores por margen de configuración y sus componentes

El término de error por margen de configuración se refiere a la discrepancia que se presenta entre el posicionamiento actual y el planificado del individuo en tratamiento, este tiene componentes sistemáticos y aleatorios (El Real Colegio de Radiólogos, 2008). Normalmente, para calcular el cambio en el posicionamiento, se requiere adquirir una imagen y compararla con la imagen de referencia de la planificación. El error se puede determinar a partir del isocentro, de los márgenes del campo de tratamiento o ambos (Stroom, de Boer, Huizenga y Visser, 1999).

El Real Colegio de Radiólogos (2008) menciona varios tipos de error por margen de configuración, el error grave es un error inaceptablemente grande que podría resultar en una entrega de dosis menor de la planificada al CTV o una sobredosis a algún OAR. Este tipo de errores no se toma en consideración en la planificación, por lo que se deben corregir inmediatamente. Por lo general, estos errores son fáciles de identificar. Las causas pueden ser la persona o la zona de tratamiento equivocado, que se posicione el individuo en la dirección contraria, o que el tamaño del campo o la forma sea la incorrecta. Cada servicio debe definir su error grave. Este valor tiene que exceder las fluctuaciones que se pueden esperar a diario. Usualmente, más de 10mm es apropiado para la mayoría de las técnicas y zonas (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

El componente sistemático de todo error es una desviación en la misma dirección y con una magnitud similar para cada fracción a lo largo del tratamiento. Este puede ser para un individuo en específico o para una población. Para calcular el fallo a nivel de población, se usa la desviación estándar del promedio de cada individuo. Los errores sistemáticos se pueden presentar en la localización, planificación o entrega de la terapia (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

También existe el componente aleatorio de cualquier error, en este caso, es la desviación que puede variar en dirección y magnitud en cada fracción de tratamiento. Se puede referir a una falta individual o poblacional.

Los fallos aleatorios ocurren durante la entrega del tratamiento por lo que se les puede conocer como errores de ejecución o diarios. Estos incluyen los cambios en la posición de la persona, cuando el volumen tumoral en tratamiento cambio de forma o tamaño como resultado del tratamiento entre fracciones, se refiere a los cambios entre fracciones no los cambios antes de recibir tratamiento (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

3.1.6. Márgenes de tratamiento

En el reporte de la ICRU 50, 62, 71 y 78 se define el concepto de margen como “Un tipo de “buffer” o de seguridad que toma en cuenta las incertidumbres que se pueden presentar a lo largo del tratamiento” (p. 5); en estos reportes se mencionan 2 márgenes que se delinean en la planificación y 6 volúmenes de tratamiento, se ilustran en la figura 4. (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2010)

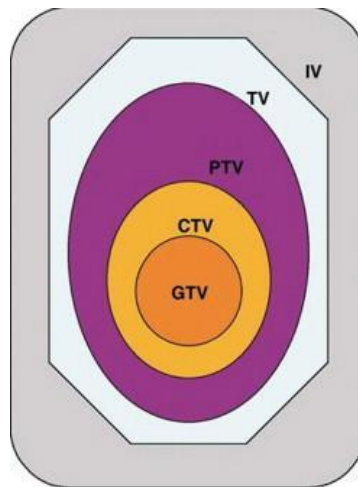


Figura 3. ScienceDirect. Volúmenes de tratamiento en la planificación de RT.

Fuente: “Radioterapia externa de los cánceres de cabeza y cuello”, de Atlan, D., Hans, S., Brasnu, D., y Housset, M. 2005, EMC - Otorrinolaringología, 34(1), 1-7.

Estos márgenes toman en cuenta las incertidumbres y errores mencionados en el apartado anterior; uno de sus objetivos es proteger el tejido sano. Es un gran beneficio, porque reduce las complicaciones en el tejido normal y permite escalar la dosis absorbida en el tejido anormal (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2010).

En los últimos años, se han desarrollado nuevas tecnologías para la adquisición de imágenes que proveen referencias anatómicas de excelente resolución, como lo es el TC simulador. Este puede generar vistas en 3D de cualquier área de interés, con buena resolución a diferencia de las imágenes de megavoltage que se obtienen con la unidad de tratamiento. Estos avances en la Imagenología afectan directamente la planificación y dosificación de la RT (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2010).

Para la delineación de estos volúmenes es indiferente si se usan protones, fotones o electrones para tratar al o a la usuaria, lo cual es importante, ya que facilita la comparación, combinación y análisis de la terapia en más de una modalidad. Todos estos volúmenes deben ser una representación fidedigna de la anatomía del sujeto bajo las condiciones del procedimiento (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2010).

La ICRU (2010) menciona varios volúmenes relacionados al tejido sano y al tejido tumoral, los cuales se describen con detalle en el siguiente apartado. La delineación de estos volúmenes es obligatoria para el planeamiento y reporte del tratamiento.

Se inicia con el GTV, consiste en la extensión demostrable del tejido anormal; este incluye el tumor primario y posibles adenopatías y/o metástasis. En este, se concentra la mayor parte de células cancerígenas por lo que es de suma importancia que reciba la dosis prescrita en su totalidad o lo más cercano a la totalidad; se debe delimitar con precisión ya que sirve para el estadiaje de la enfermedad (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2010).

Seguido por el CTV, que contiene al GTV y a la enfermedad subclínica, es decir los tejidos que microscópicamente pueden estar afectados pero no se observa en las

imágenes o tejidos que tienen un alto riesgo de verse perjudicados. No existe un consenso general de cuánto es el porcentaje que se considera relevante para que sea parte del CTV. Por lo general si es un porcentaje mayor al 5 o al 10% se incluye en este volumen (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2010).

Luego, se delimita el PTV, el PTV es un concepto geométrico creado para la planificación y evaluación del tratamiento. Es la herramienta recomendada para definir la distribución de la dosis absorbida y asegurar que la dosis prescrita se entrega de forma homogénea a todo el CTV, a pesar de las incertidumbres anteriormente mencionadas. Este rodea el CTV con un margen conocido como el margen de configuración que toma en cuenta tanto las incertidumbres internas, como las de posicionamiento del individuo y alineamiento de los campos de tratamiento. Este se delinea a sabiendas de la presencia y el impacto de las variaciones, tanto en el tumor como en el equipo (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2010).

El PTV, a diferencia del GTV y el CTV, sí depende de la técnica de irradiación utilizada. Para evitar una desviación importante de la dosis absorbida en el CTV se delimita un margen que toma en cuenta variaciones en la posición, tamaño y forma del CTV y en el posicionamiento del individuo y el campo de tratamiento. Estas variaciones se presentan entre y durante las fracciones. El margen delimitado varía según el centro de tratamiento, sus equipos, la experiencia del personal y los inmovilizadores utilizados. Es deseable que cada servicio cuente con un margen de configuración establecido, definido con base en la cuantificación de dichas variables (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2010).

Se conoce como órganos de riesgo (OARs) a los tejidos sanos circundantes a la zona de tratamiento; si reciben una dosis alta de radiación pueden sufrir morbilidades, por lo tanto influyen en la planificación del tratamiento y en la prescripción de la dosis absorbida. Por definición, todo tejido sano se podría considerar OAR pero estos realmente se delimitan y definen dependiendo de la zona del CTV, por ejemplo, en un tratamiento por sarcoma los músculos aledaños se consideran OARs pero en un tratamiento de cabeza y cuello los músculos del cuello no se toman en consideración (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2010).

El volumen de planificación de los órganos de riesgo (PRV, por sus siglas en inglés por sus siglas en inglés), consiste en un margen agregado a los OARs siguiendo los mismos principios del margen de configuración para evitar daños al tejido sano. Es importante recalcar que, si en algún momento el PRV se ve superpuesto con el PTV, el PTV tiene prioridad (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas, 2010).

3.1.7. Principios de la verificación geométrica y su proceso

El Real Colegio de Radiólogos (2008) define la verificación en radioterapia “Como el proceso que le permite al personal de un servicio garantizar la entrega de los tratamientos planificados con mayor certeza y confianza” (p. 9). Para lograr esto se necesitan dos medidas: la verificación dosimétrica y la geométrica.

La verificación geométrica se lleva a cabo comparando la información o datos recolectados en las imágenes de la entrega del tratamiento con lo planificado. Es de especial importancia que el procedimiento sea reproducible y la imagen de buena calidad y precisa, como las obtenidas con TC simulador o en las unidades de tratamiento. Es común asumir que un error observado en una imagen de referencia se propaga a lo largo del tratamiento, sin embargo, no hay manera de saber su magnitud si no se realiza algún tipo de verificación (Valicenti et al., 1994).

Según El Real Colegio de Radiólogos (2008), para verificar, es necesario tener claros algunos conceptos claves.

Como la imagen de referencia, donde se observa la geometría de lo planificado, la anatomía interna o referencias anatómicas necesarias para servir como el estándar con el cual se hará una comparación con las imágenes de verificación.

La imagen de referencia obtenida digitalmente se conoce como radiografía digitalmente reconstruida (DRR por sus siglas en inglés) y se puede crear con el TC simulador y el software de planificación. (El Real Colegio de Radiólogos, 2008)

La verificación pre tratamiento consiste en comparar las imágenes de referencia con lo planificado antes de que inicie la terapia. (El Real Colegio de Radiólogos, 2008) y se puede llevar a cabo de varias maneras. Una de ellas es comparar las imágenes de

referencia tomadas antes de entregar el tratamiento, analizar la precisión del margen de configuración otro día y tomar las medidas necesarias hasta la siguiente fracción. La otra opción es comparar y corregir las imprecisiones el mismo día que se adquiere la imagen. (El Real Colegio de Radiólogos, 2008)

Para iniciar el proceso de verificación, se deben considerar varios elementos: los equipos con los que cuenta el servicio, la infraestructura, el personal, los protocolos de adquisición de imágenes, el error grave, las estrategias de corrección y las consideraciones de la exposición–dosis. El protocolo a seguir se verá influenciado directamente por la infraestructura y la tecnología con la que cuenta el servicio. Se debe identificar el equipo con el que se va a llevar a cabo la verificación donde se van a almacenar las imágenes, la conexión entre los equipos y la calidad necesaria de dichas imágenes para definir el estándar (Stroom et al., 1999).

La calidad de imagen en un TC está estrictamente relacionada con el grosor de corte, por lo tanto se recomienda que sea menor a los 5 milímetros. Cuando la calidad de la DRR es muy baja, como en el caso de las imágenes de megavoltaje, se pueden usar las simuladas en el TC. Idealmente, deberían tener alto contraste y una resolución espacial fina (Miller, Blanco, De La y Machado, s.f).

En la imagen de referencia se debe poder identificar el isocentro, el límite del campo de tratamiento, los BBs y los tejidos circundantes al tumor (estructuras óseas, marcadores implantados) (Rybovic, Banati y Cox, 2008).

Una vez que se sabe cómo se van a obtener las imágenes de referencia, es importante definir cómo se van a transferir los datos del sistema simulador al sistema de planificación y al sistema de tratamiento. Esto tiene que ser seguro, debe mantener la integridad de la imagen, eficiente y confiable, y se debe almacenar de tal manera que los datos se puedan recuperar fácilmente (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

La base del proceso de verificación, como se mencionó, está en la comparación de imágenes, por lo que se recomienda tener un programa para asegurar la calidad y la correcta comparación (*matching*) de las mismas (Stroom et al. 1999). Idealmente, se usaría un sistema de coordenadas donde se identifique la posición en comparación con

el isocentro en los ejes x, y, y z. Es deseable tener un software que permita automatizar este proceso de verificación, y tener una base de datos de los individuos en la cual ingresar las medidas de los errores por margen de configuración, calcular los cambios necesarios en la posición de la mesa y generar estadísticas y reportes (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

La adquisición de estas imágenes de verificación implica una exposición a radiación, adicional a la implícita en el tratamiento. Toda exposición que no sea parte de la dosis de tratamiento establecida en el plan se conocerá como exposición concomitante; esta debe ser justificada y debidamente planificada bajo el principio ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible). La obtención de las imágenes de verificación se justifica fácilmente, ya que el objetivo primordial de la RT es la eliminación de la enfermedad, sin generar daños importantes en el tejido sano circundante. Para obtener resultados deseables es necesario exponer a la persona a una dosis de radiación mínima para la obtención de dicha imagen (Alfonso et al. 2015).

4. Objetivos Generales, Específicos y Externos

Objetivo general

Desarrollar una guía metodológica para el registro y la medición de incertidumbres y errores por margen de configuración en el tratamiento de patologías del SNC haciendo uso de un TC simulador en el servicio de RT del HSJD en el año 2019.

Objetivos específicos

- Identificar las causas de los errores e incertidumbres por margen de configuración que se presentan en el servicio de RT del HSJD en los tratamientos de SNC.
- Proponer una metodología para la medición de las incertidumbres asociadas con el posicionamiento y posibles errores por margen de configuración para SNC.
- Elaborar una herramienta en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* para la tabulación de los datos y la medición de las incertidumbres en el margen de configuración para SNC haciendo uso de un TC Simulador en el primer semestre del año 2019.

Objetivos externos

- Promover el uso de la herramienta para la medición de errores y verificación de margen de configuración a nivel institucional.

Capítulo III

5. Metodología

5.1. Definición, breve descripción de los contenidos y justificación de la selección del formato de presentación del proyecto

El proyecto en cuestión se llevó a cabo bajo la metodología conocida como planificación estratégica (PE). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2011), define la PE de la siguiente manera:

La planificación estratégica, PE, es una herramienta de gestión que permite apoyar la toma de decisiones de las organizaciones en torno al quehacer actual y al camino que deben recorrer en el futuro para adecuarse a los cambios y a las demandas que les impone el entorno y lograr la mayor eficiencia, eficacia, calidad en los bienes y servicios que se proveen (p.15)

A partir de un diagnóstico de la situación actual de la institución o en el caso de este proyecto del servicio de RT del HSJD, se establecieron acciones a tomar para lograr los objetivos del proyecto. Dentro de la PE se cuenta con una herramienta metodológica conocida como marco lógico que facilita el proceso de conceptualización, ejecución y evaluación de proyectos (Ortegón, Pacheco y Prieto, 2005).

Este se puede utilizar en todas las etapas del proyecto, pues la metodología de marco lógico contempla el análisis del problema, los objetivos y una estrategia para implementar el proyecto. Esta metodología tiene como producto la matriz, que en el caso de este proyecto es la guía, donde se resume qué se pretende hacer, de qué manera y cómo serán evaluados y monitoreados los insumos (Ortegón, Pacheco y Prieto, 2005).

El proceso consta de dos etapas: la identificación del problema y alternativas de solución, y la etapa de planificación donde se elabora la matriz y se definen los recursos y las actividades (Ortegón, Pacheco y Prieto, 2005).

El siguiente proyecto se llevó a cabo bajo esta metodología, ya que permite de una manera simple, llevar el control de las actividades necesarias para obtener los objetivos establecidos previamente. A demás aporta una terminología uniforme que facilita la comunicación, un formato para llegar a acuerdos y se enfoca en aspectos críticos que son fáciles de entender.

5.2. Presupuesto disponible para la ejecución del proyecto por parte de la instancia ejecutora.

Para el siguiente proyecto, no fue necesario presupuestar ningún recurso financiero adicional puesto que se hace uso de los implementos y equipos con los que cuenta el servicio de RT del HSJD.

5.3. Población meta, beneficiarios directos e indirectos del proyecto.

La población meta consistió en las personas profesionales en Imagenología, Física Medica y Medicina encargadas de realizar la planificación del tratamiento de las personas usuarias remitidas a este servicio, ya que podrán planificar con mayor certeza. Los beneficiarios directos son las personas profesionales en Imagenología, Física Medica y Medicina y las personas usuarias de otros servicios de RT que cuenten con la tecnología para implementar la metodología propuesta. Los beneficiarios indirectos son los individuos que acuden a este centro a recibir tratamiento y los estudiantes de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica que pueden usar esta herramienta en sus prácticas y potenciales investigaciones.

5.4. Contexto geográfico, social en que se sitúa el proyecto.

Este proyecto se llevó a cabo en el año 2019 en el HSJD ubicado en el centro de San José, Costa Rica; este nosocomio es un hospital general clase A que lidera la red sur de servicios de salud. Tiene como apoyo el Hospital Escalante Pradilla del cantón de Pérez Zeledón, el Hospital de Ciudad Neilly, el Hospital de San Vito de Coto Brus, el

Hospital Max Terán Vals de Quepos, el Hospital de Golfito y el Hospital Tomás Casas Casajús de Ciudad Cortés (Carmona, 1994).

Según Morera y Aparicio (s.f.) al HSJD llegan los usuarios remitidos de Pavas, Mata Redonda, Hatillo, Desamparados, Puriscal, Turrubares, Acosta, Aserrí, Alajuelita, Escazú, Mora, Santa Ana, Pérez Zeledón, Corralillo, La Sierra, Parrita, Aguirre, Buenos Aires, Corredores, Osa, Golfito y Coto Brus.

Este hospital atiende aproximadamente a un millón de personas al año y el servicio de RT atiende aproximadamente a 500 personas al año. Para el año 2020, con la finalización del proyecto que incluye la adquisición de más equipos y la apertura de nuevas plazas, se espera aumentar el número de individuos tratados (Morera y Aparicio, s.f.).

5.5. Áreas de intervención del proyecto y su justificación

Las áreas de intervención de este proyecto fueron las siguientes:

Identificación de las causas de los errores e incertidumbres: mediante las entrevistas realizadas al personal del servicio de RT del HSJD se pretendió identificar y cualificar las causas específicas al tipo de persona e inmovilizador usado en el proceso radioterapéutico.

Medición de las incertidumbres por margen de configuración: en la metodología, se explica detalladamente cómo medir las mismas haciendo uso de la herramienta creada en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America).

Idoneidad del margen de configuración: al poder identificar y medir las incertidumbres y los posibles errores por margen de configuración, se puede crear una estadística y guía metodológica propia para esta población con patología del SNC.

5.6. Descripción del proceso diagnóstico en que se sustentará el proyecto: fuentes de información, procedimientos de recolección, procesamiento y análisis de la información.

Para la etapa diagnóstica, se recolectó información mediante una entrevista a las personas profesionales en Imagenología, Física Medica y Medicina del servicio, dicha entrevista y la muestra del personal fue elegida por anuencia y decisión de participación en el proyecto de las personas interesadas, grabada de manera anónima y luego transcrita (Anexo 3). Esta información se complementó con un escrutinio de literatura internacional para formar un criterio concreto sobre la situación del servicio. El análisis de los datos recolectados se llevó a cabo comparando los datos arrojados por las entrevistas con lo obtenido en la revisión documental. El objetivo de la revisión documental fue recolectar la mayor cantidad de datos concernientes a la medición de errores sistemáticos y aleatorios en RT, a la estandarización de márgenes en RT y protocolos de verificación de márgenes usados a nivel internacional.

Una vez contrastados los resultados de las entrevistas, con lo recolectado de la documentación, se desarrolló una lista de tareas por realizar para cumplir con los objetivos planteados de identificación de las causas, propuesta de la metodología y elaboración de la herramienta para precisar el margen de configuración en patología del SNC.

5.7. Fases o etapas de construcción del proyecto y las actividades, funciones y tareas básicas para completar cada una de las secciones contenidas en el formato de presentación del proyecto.

A continuación, se desglosan las etapas que se llevaron a cabo en este proyecto donde, cada fase se realiza específicamente para el cumplimiento de cada objetivo específico:

Fase I (identificación del problema): Se desarrolla mediante una serie de entrevistas que se realizaron a los funcionarios encargados de la planificación de los tratamientos en el servicio de RT del HSJD que estaban anuentes a participar del proyecto. Se

pretendió indagar sobre el conocimiento alusivo a la medición de las incertidumbres y la elección de márgenes de configuración, de igual manera, se buscó concientizar al personal sobre dicha problemática.

Fase II (determinación de las causas de los errores e incertidumbres por margen de configuración):

Con base en las entrevistas realizadas, se pretendió identificar el origen de estos errores, estas causas son específicas al servicio de RT del HSJD, los aditamentos utilizados y el personal.

Fase III (delimitación de los parámetros necesarios para la recolección de los datos):

Fue necesario definir las instrucciones específicas para el posicionamiento de la persona, los parámetros de adquisición de imágenes y los detalles de procesamiento en el software con el que cuenta el servicio, que es el *Advantage Workstation VolumeShare 7* de General Electric (GE) (Boston, Massachusetts, Estados Unidos). Con la finalidad de garantizar la validez de cada medición, facilitar la reproducibilidad y asegurar de esta manera que los datos fueran comparables.

Fase IV (elaboración de la herramienta):

Se elaboró una herramienta en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America) que permitirá el almacenamiento de los datos recolectados durante las mediciones y su análisis. El propósito es que, al ingresar los datos arrojados por el TC simulador y su respectivo software, se obtenga un promedio de las incertidumbres y errores, además de sus respectivas desviaciones estándar.

Fase V (presentación de la metodología):

Se presentó la propuesta metodológica frente al personal del servicio de RT del HSJD, con el objetivo de recibir retroalimentación con respecto al proyecto realizado.

5.8. Mecanismos para evaluar el proyecto

La metodología planteada, fue evaluada por el jefe del servicio de RT, una persona profesional en física médica, una persona profesional en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, una persona profesional en medicina con especialidad en RT y una persona profesional en dosimetría clínica, todos miembros del servicio con más de 5 años de experiencia en el área; por lo tanto, conocen la terminología, dan validez de criterio profesional y están familiarizados con el flujo y protocolo de trabajo para los tratamientos de SNC.

Mediante un cuestionario, dichos profesionales analizaron a profundidad la metodología propuesta en este proyecto. De igual manera, se les facilitó un espacio para sugerencias y correcciones, que permitió proporcionar la guía metodológica idónea para el servicio de RT del HSJD, con un grado alto de validez y confiabilidad.

Capítulo IV

6. Análisis de resultados

En este capítulo se desglosaron las características del proyecto realizado, es decir, dónde se realizó, cuánto tiempo tomó y demás detalles específicos del mismo; los resultados obtenidos de las cinco fases en las cuales se desarrolló el proyecto, los alcances, las oportunidades de mejora y el producto entregado como resultado final del proyecto. Además de las posibles intervenciones que se pueden realizar a partir de este trabajo.

1. Características del proyecto realizado

Este proyecto se realizó en el servicio de RT del HSJD ubicado en el centro de San José, Costa Rica; un hospital general clase A que lidera la red sur de servicios de salud. Este hospital atiende aproximadamente a un millón de personas al año y el servicio de RT atiende aproximadamente 500 personas al año (Morera y Aparicio, s.f.).

Se llevó a cabo a lo largo del año 2019, no se tuvieron que asignar recursos o presupuesto financiero adicional al proyecto ya que se utilizaron los equipos y facilidades con las que ya contaba el servicio. Los recursos utilizados fueron: el TC simulador de la casa fabricante General Electric, modelo Discovery 590 RT, el fantoma Pro-CT de la casa fabricante Pro- project (que en este caso, se utilizó como parámetro de referencia), las estaciones de trabajo y el software *Advantage Workstation VolumeShare 7* (Boston, Massachusetts, Estados Unidos).

El propósito de este proyecto fue el desarrollo de una guía metodológica, a través de la identificación de las principales causas de incertidumbres o errores por posicionamiento en este servicio de RT, específicamente, tomando en cuenta su tipo de población, su personal, los equipos y aditamentos utilizados. Una vez identificadas estas causas el objetivo fue proponer una metodología para la medición de dichas incertidumbres dentro de una herramienta elaborada para esta finalidad.

Los alcances del proyecto fueron: la identificación de las causas específicas de las incertidumbres observadas en el servicio de RT del HSJD. Esta tarea se llevó a cabo con base en una serie de entrevistas realizadas al personal del centro y revisión documental. Con la información recolectada, se propuso una metodología para la medición y cuantificación de los errores e incertidumbres que se presentan en el tratamiento de RT. Anexo a la metodología se proveyó una herramienta creada en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America) para la tabulación de los datos y los cálculos correspondientes.

2. Etapas en las cuales se realizó el proyecto y resultados de cada una de estas etapas.

El proyecto fue realizado en cinco fases o etapas: identificación del problema, determinación de las causas de los errores e incertidumbres por margen de configuración, delimitación de los parámetros necesarios para la recolección de los datos, elaboración de la herramienta y presentación de la metodología.

A continuación se describe cada fase, cómo se llevó a cabo y los resultados obtenidos:

Fase I (identificación del problema): se desarrolló mediante una serie de entrevistas que se realizaron a los funcionarios encargados de la planificación de los tratamientos en el servicio de RT del HSJD; con los cuales se pretendió indagar sobre el conocimiento alusivo a la medición de las incertidumbres y la elección de márgenes de configuración. Asimismo, se buscó concientizar al personal sobre dicha problemática.

Para la primera fase de construcción del proyecto, la identificación del problema, se entrevistó al: 50% de las personas profesionales en Imagenología con énfasis en dosimetría, al 66% de las personas profesionales en Física Médica y al 40% de las personas profesionales en Medicina con especialidad en radioterapia.

Se eligió el método de entrevista porque permitió obtener la información más completa y se aseguró que los entrevistados entendieran con claridad lo que se les

preguntó, ya que se proporcionó un espacio para aclarar dudas durante el proceso. El instrumentó fue validado por criterio profesional de un grupo de Física Médica, Médico especialista en RT e Imagenología Diagnóstica y Terapéutica (Díaz-Bravo, Torruco-García, Martínez-Hernández, Varela-Ruíz, 2013).

En el Anexo 10 se encuentran las transcripciones de cada una de estas entrevistas, las cuales fueron conducidas por la proponente del proyecto. Se clasificaron como semiestructuradas y fueron grabadas con el celular (le fue informado a los y las entrevistadas que iban a ser grabados); a cada uno de los y las entrevistadas se les explicó el propósito de la entrevista, se les informó que se mantendría el anonimato y que serían grabados o grabadas.

Cada entrevista constó de 8 preguntas, a continuación se describen las respuestas obtenidas.

La primera pregunta fue planteada para determinar, de manera general, como está definido el margen de configuración en el servicio de RT del HSJD. La mayoría de las personas entrevistadas concluyeron que el margen de configuración es un margen que toma en cuenta las incertidumbres inherentes al tratamiento y está relacionado con el posicionamiento de la o del usuario y el inmovilizador.

Se ilustra en el siguiente diagrama.



Diagrama 1. Principales conceptos utilizados para describir el margen de configuración.

Fuente: realización propia con base en las entrevistas realizadas, 2019.

La segunda pregunta tenía como propósito conocer cuántas de las personas entrevistadas estaban conscientes de la presencia de errores e incertidumbres durante el proceso de un tratamiento radioterapéutico. El total de los y las entrevistadas afirmaron que sí están familiarizados con las incertidumbres y errores que se presentan.



Diagrama 2. Porcentaje de los participantes que concuerdan con la presencia de errores e incertidumbres durante un tratamiento de RT.

Fuente: realización propia basada en lo recolectado en las entrevistas, 2019.

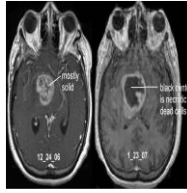
En la tercera pregunta se le pidió a los y las entrevistadas mencionar ejemplos de los errores por posicionamiento que conocen. Las incertidumbres mencionadas fueron son las siguientes:



Diagrama 3. Ejemplos de errores e incertidumbres por posicionamiento.

Fuente: realización propia basada en lo recolectado en las entrevistas, 2019.

La pregunta número 4 tenía como propósito recopilar ejemplos de fallos por posicionamiento específicos al servicio, se presentan en el diagrama 4 para facilitar la comprensión.



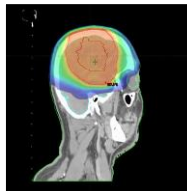
Disminución del tamaño tumoral.

Alteraciones de peso (perdida, respuesta inflamatoria).



Estado emocional del individuo.

Camilla del equipo de simulación debe ser igual al equipo de tratamiento.



Variabilidad interobservador.

Los tecnólogos tienen horario rotativo, por lo tanto no están presentes todos los días del tratamiento de una misma persona.



Colocación de las marcas en el inmovilizador.

Diagrama 4. Errores específicos al servicio de RT del HSJD.

Fuente: realización propia basada en lo recolectado en las entrevistas, 2019.

La pregunta número 5 tuvo como propósito conocer qué tan familiarizados se encontraban los entrevistados con el origen de los márgenes de configuración utilizados en el servicio. Cinco de las seis personas entrevistadas afirmaron que los médicos tratantes se basan en literatura internacional para definir los márgenes y volúmenes de tratamiento. Recalaron que dichos márgenes nunca han sido medidos a nivel nacional. En el siguiente diagrama se resumen las respuestas adquiridas:



Diagrama 5. Procedencia de los márgenes de tratamiento utilizados en el servicio de RT del HSJD.

Fuente: realización propia basada en lo recolectado en las entrevistas, 2019.

En la sexta pregunta de la entrevista se confirmó que es necesario medir las incertidumbres que se presentan en el servicio de RT del HSJD. El 100% de los entrevistados afirmó que lo consideran muy importante para poder optimizar los tratamientos. En el diagrama 6 se muestran los argumentos que usaron los entrevistados para respaldar su respuesta.



Diagrama 6. Razones por las cuales medir los errores es importante
Fuente: realización propia basada en lo recolectado en las entrevistas, 2019.

En la pregunta siete se consultó a los y las entrevistadas su opinión, sobre la importancia de tomar en cuenta las incertidumbres medidas en la realización de la planificación del tratamiento. Seis de las seis personas entrevistadas afirmaron que si lo consideran muy importante.

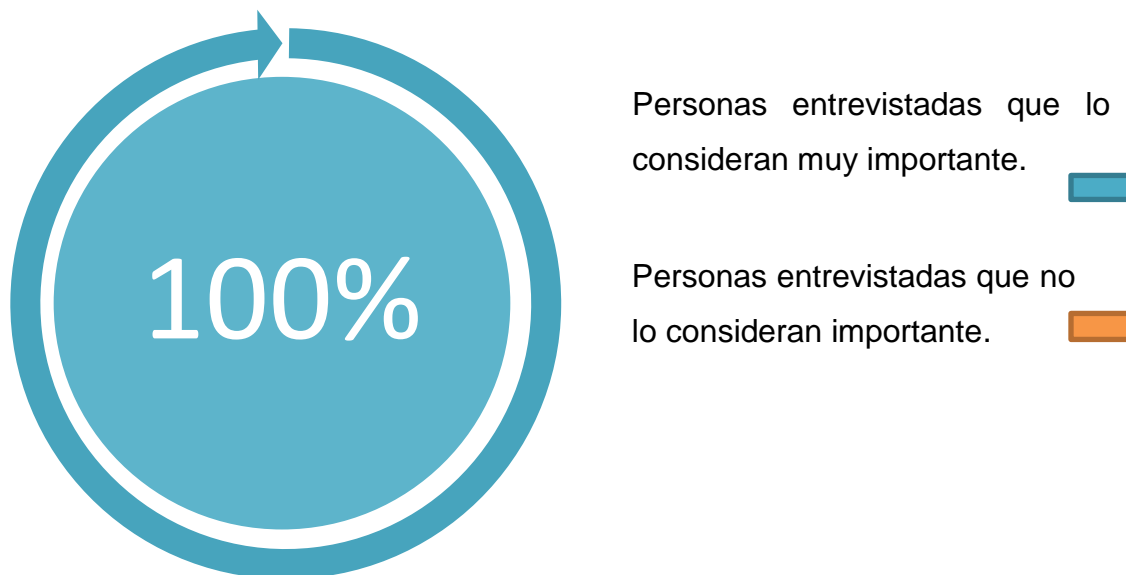


Diagrama 7. El 100% de las personas entrevistadas consideran que es crucial tomar en cuenta los errores e incertidumbres en la fase de planificación.

Fuente: realización propia basada en lo recolectado en las entrevistas, 2019.

La última pregunta de la entrevista, indaga sobre el uso de imágenes para la verificación del tratamiento. El total de los entrevistados concluyó que es necesario para garantizar la calidad de la terapia entregada. En el diagrama 8 se presentan los argumentos referidos.

"... siempre va a existir una diferencia"

"... entre más imágenes se tiene mejora el tratamiento."

"... vamos a garantizar mejor calidad del tratamiento y vamos a aumentar la seguridad para el paciente."

"Es importante verificar con imágenes a lo largo del tiempo, que le estoy dando la radiación al mismo lugar..."

"...es la única manera de saber si el paciente está quedando bien..."

"Sí claro, eso es importantísimo."

Diagrama 8. Argumentos utilizados para defender la importancia del uso de imágenes de verificación a lo largo de la terapia.

Fuente: realización propia basada en lo recolectado en las entrevistas, 2019.

Fase II (determinación de las causas de los errores e incertidumbres por margen de configuración): Haciendo uso de las entrevistas realizadas, se pretende identificar el origen de estos errores. Estas causas se atribuyen específicamente al servicio de RT del HSJD, los aditamentos utilizados y su personal involucrado.

Antes de enlistar las causas encontradas se comparó lo recolectado en las entrevistas con la literatura utilizada para la revisión documental; en los artículos utilizados, es decir, los del capítulo III, enumeran tres causas principales: movimientos del paciente, incertidumbres inherentes al equipamiento usado y el error humano por parte del personal de trabajo. Para propósitos de este proyecto se tuvo como objetivo especificar las causas encontradas al servicio de RT del HSJD por lo que se utilizó lo mencionado en la literatura como base para clasificar lo mencionado en las entrevistas.

A continuación, se enumera una lista de las causas más comunes de los errores e incertidumbres por posicionamiento de la persona usuaria durante un tratamiento de RT para SNC. Los datos fueron recolectados durante la fase I de este proyecto, se mencionan los causantes descritos por las personas entrevistadas.

Se clasificaron en tres categorías dependiendo del origen de la incertidumbre, se ilustra de mejor manera en los siguientes diagramas.

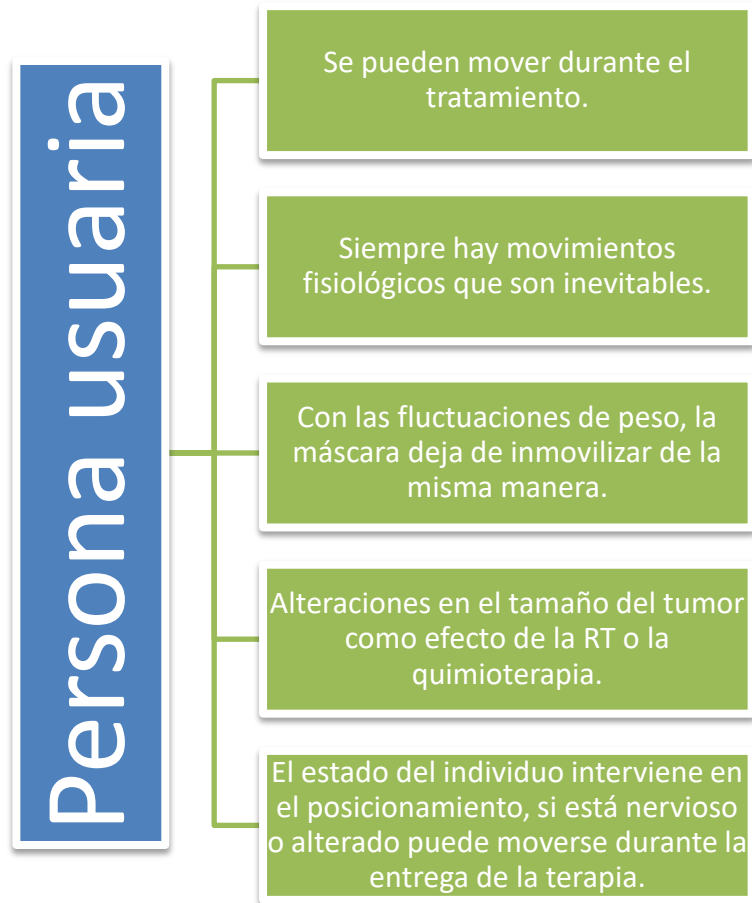


Diagrama 9. Incertidumbres propias de la persona usuaria. Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas al personal del servicio de RT del HSJD, 2019.

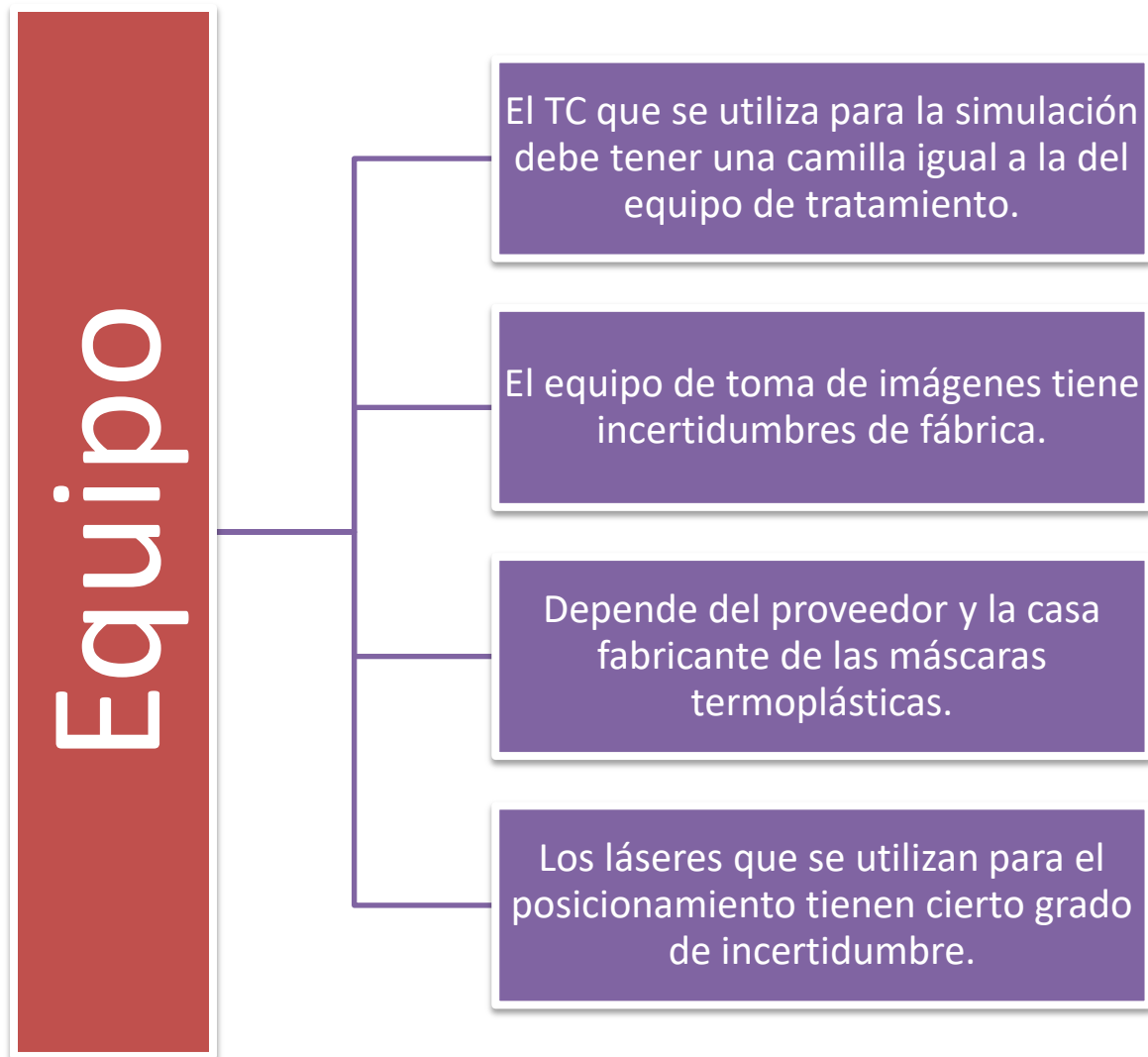


Diagrama 10. Incertidumbres propias del equipo de simulación, de tratamiento y aditamentos.

Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas al personal del servicio de RT del HSJD, 2019.

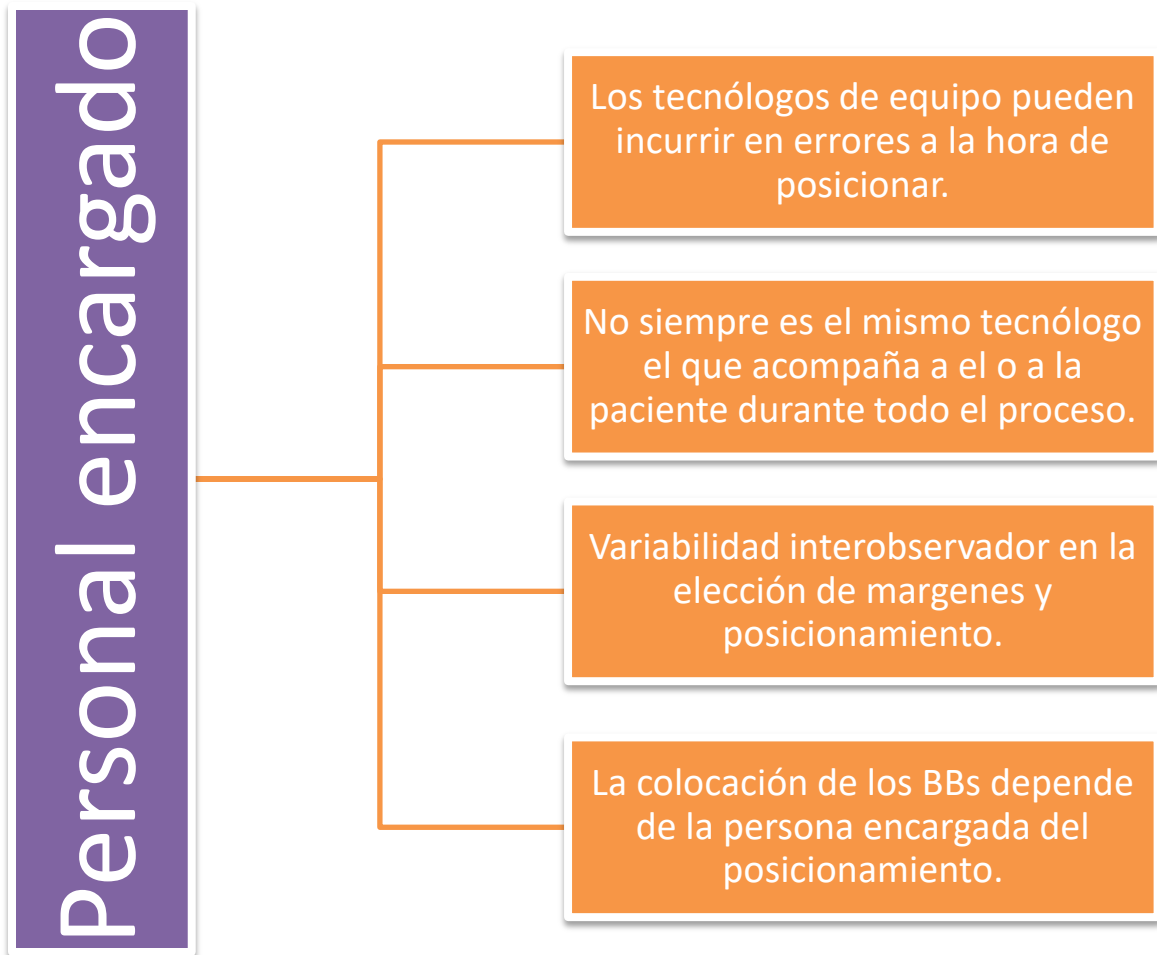


Diagrama 11. Incertidumbres propias del personal encargado de la planificación y entrega del tratamiento.

Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas al personal del servicio de RT del HSJD, 2019.

Fase III (delimitación de los parámetros necesarios para la recolección de los datos): Fue necesario definir las instrucciones específicas para el posicionamiento de la persona, los parámetros de adquisición de imágenes y los detalles de procesamiento en el software con el que cuenta el servicio, que sería el *Advantage Workstation VolumeShare 7* de General Electric (GE) (Boston, Massachusetts, Estados Unidos). Esto con el objetivo de garantizar la validez de cada medición, facilitar la reproducibilidad y asegurar de esta manera que los datos obtenidos fueran comparables.

Para la propuesta metodológica y definir las instrucciones y parámetros específicos de la metodología se consultaron varios autores de libros y artículos alusivos al tema de la medición de incertidumbres y errores.

En conjunto con la revisión documental, se realizaron visitas al servicio de RT, bajo la tutela de la directora del comité asesor, M.Sc. Priscila Vargas. El propósito de dichas visitas fue describir los parámetros utilizados en el servicio para la adquisición de las imágenes y procesamiento de las mismas.

Los autores utilizados en la revisión documental fueron: El Real Colegio de Radiólogos, (2008); Bortfeld, van Herk y Jiang, (2002); Stroom y Heijmen (2002); van Herk, (2004); Ciardo et al., (2015); Astreinidou, Bel, Raaijmakers, Terhaard y Legendijk, (2005) y Amer, Mackay, Roberts, Hendry y Williams, (2001).

A continuación se presenta de manera resumida lo que proponen los autores consultados en la revisión documental.

El Real Colegio de Radiólogos (2008) propone la implementación de la verificación geométrica para asegurar la certeza con la que se entrega un tratamiento; en su libro sugiere una serie de elementos que deben ser tomados a la hora de crear un protocolo de verificación. Menciona que se debe definir: el tipo de equipo y la infraestructura que será utilizado, el personal de servicio que llevará a cabo la tarea, el protocolo de adquisición de imágenes específico y la toma de medidas de los errores.

Con base en lo descrito en el libro, *En el blanco: asegurando la certeza geométrica en radioterapia*, se obtuvieron las ecuaciones necesarias para medir los errores tanto sistemáticos como aleatorios, así como los individuales y los de la muestra. En la herramienta creada en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America), estos cálculos fueron incluidos. En el Anexo 9 se describe cómo tabular lo medido e interpretar los resultados obtenidos (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

Astreinidou et al. (2004), expone que en diversas investigaciones se demuestra cómo aun con marcadores fiduciaros y fijadores de cabeza y cuello, los errores por posicionamiento persisten. Es importante recalcar que la mayoría de las investigaciones se han realizado para tratamientos de próstata, por lo que es importante, a la hora de definir los márgenes de tratamiento y medir las incertidumbres, tomar en cuenta las diferencias inherentes entre una terapia dirigida al SNC y una a la próstata.

Bortfeld et al., (2002) define error sistemático como el tipo de incertidumbre que se presenta en la preparación del tratamiento, comenta que los errores se pueden corregir al tomar imágenes antes de entregar el tratamiento y recomienda tomar varias medidas en los primeros días de la terapia.

Stroom y Heijmen (2002) en su artículo “El manejo de las incertidumbres geométricas, en la planificación de un tratamiento de RT”, mencionan como causas principales de estos errores: las variaciones en el posicionamiento de la persona, movimientos de los órganos internos y errores relacionados a la máquina.

Cuando ocurren desviaciones en la entrega del tratamiento estas pueden tener un origen aleatorio o sistemático. Tanto el error aleatorio como el sistemático sólo se puede evaluar una vez finalizada la adquisición de las imágenes (Stroom y Heijmen, 2002).

En este artículo se recomienda usar la desviación estándar para caracterizar una población, dado que esta medida se puede usar para describir incertidumbres tanto aleatorias como sistemáticas (Stroom y Heijmen, 2002).

Es recomendable el uso de márgenes de seguridad, como el margen de configuración, para remediar estos errores. Antes de poder incorporar estas incertidumbres al margen es necesario medirlas para garantizar que el margen elegido se acopla a la población del centro. Para la medición se pueden usar las marcas internas del individuo, es decir, estructuras anatómicas (Stroom y Heijmen, 2002).

Marcel van Herk (2004) en su artículo *Errores y Márgenes en Radioterapia* recalca la importancia de tener procedimientos altamente precisos en la RT. Para garantizar esta precisión, se debe tomar en cuenta los errores que se presentan en la preparación y ejecución del tratamiento. Hay incertidumbres y errores que son imposibles de eliminar por completo, por esto mismo, existen los márgenes de tratamiento.

Al igual que Stroom y Heijmen (2002), este autor describe los factores aleatorios y sistemáticos que presentan los errores por posicionamiento. Estos errores tienen efectos diferentes en la dosis, por ejemplo, los aleatorios emborronan la distribución de la dosis y los sistemáticos resultan en un desvío acumulado de la dosis, como se ilustra en la figura 5 (van Herk, 2004).

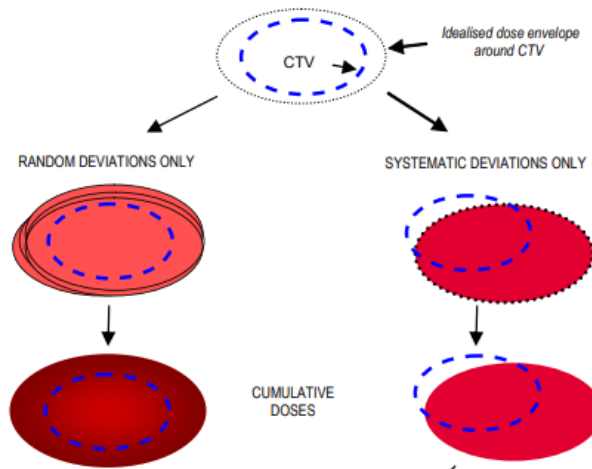


Figura 4. El Real Colegio de Radiólogos, (2008). Efectos sobre la dosis de los errores aleatorios versus los errores sistemáticos.

Fuente: El Real Colegio de Radiólogos, (2008).

Van Herk (2004) recomienda para reducir estos efectos tener un protocolo de definición de márgenes claro, tener procedimientos de TC simulador bien definidos y hacer uso de imágenes multimodales (imágenes 3D).

Ciardo et al., (2015) recalca que los tratamientos de IMRT son particularmente sensibles a las incertidumbres en el posicionamiento del o de la usuaria y sus respectivos cambios anatómicos, estas desviaciones pueden resultar en desviaciones significativas de la dosis planificada. Por lo tanto, es importante la implementación de un protocolo estricto para la monitorear la precisión del posicionamiento.

En este artículo se cuantificaron dos técnicas de adquisición de imágenes, se comparó la técnica bidimensional y la tridimensional y se concluyó que la tecnología 3D presenta mayor sensibilidad ya que se observan diferencias en el estimado rotacional. Recomiendan el uso de un TC para la adquisición de imágenes (Ciardo et al., 2015).

Para definir el número de días de adquisición de imágenes necesarios para emplear un protocolo efectivo de corrección, se consultó el artículo de (Amer et al., 2001). Estos autores hicieron una revisión de varios artículos concernientes al tema; comentan que el tamaño del factor aleatorio del error afecta directamente el número de

días que se deben tomar imágenes, este factor depende de la zona en tratamiento y los aditamentos utilizados. Para una estructura como el cráneo, cuya anatomía interna no varía tanto en comparación a un tratamiento de pulmón o un tratamiento de próstata, adquirir imágenes por tres días seguidos es suficiente para estimar el tamaño de la incertidumbre por posicionamiento.

En base a lo mencionado anteriormente se creó la siguiente guía, este documento fue entregado al personal del servicio para su futura implementación.

Guía para la medición de incertidumbres y errores en el margen de configuración haciendo uso del TC simulador del servicio de RT del HSJD

Tabla de contenidos

Introducción	66
Objetivos.....	66
Capítulo I	67
Capitulo II.....	79
Medición de los errores sistemáticos y aleatorios del margen de configuración	79
Anexo 9.1. Uso de la herramienta Excel para obtener las mediciones.....	84

Introducción

La siguiente guía es con el propósito de orientar al personal encargado de llevar a cabo el proceso de cuantificación de incertidumbres y errores.

El rol de la verificación consiste en detectar y cuantificar las principales incertidumbres a la hora de la entrega del tratamiento y subsecuentemente garantizar la calidad del tratamiento entregado. Los datos adquiridos con la herramienta creada en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America) que se presenta adjunta se pueden utilizar para evaluar eventualmente la idoneidad de los márgenes utilizados en el servicio (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

La verificación geométrica es obligatoria para todos los equipos de megavoltaje en radioterapia (RT), es recomendable que cada servicio cuente con un protocolo específico para su población y equipamiento. Esta verificación consiste en comparar los datos adquiridos durante el proceso de planificación y la entrega del tratamiento, para esto es necesario contar con imágenes de referencia de excelente calidad, que sean fácilmente reproducibles y que brinden información fidedigna. Por estas razones en este documento se plantea la adquisición de dichas imágenes mediante el TC simulador (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

El método de verificación que se propone a continuación consiste en comparar las imágenes de referencia utilizadas para la planificación, es decir las imágenes adquiridas el día de la simulación, con las obtenidas durante el proceso de verificación, tres días consecutivos previos al tratamiento (Bortfeld et al., 2002).

Objetivos

- Proponer una metodología para la medición de las incertidumbres asociadas con el posicionamiento y posibles errores por margen de configuración para SNC.
- Facilitar una herramienta creada en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America) para la recolección de datos y medición de incertidumbres en el margen de configuración para SNC.

Capítulo I

Para entender con claridad esta guía a continuación se presenta un glosario con los términos claves mencionados por El Real Colegio de Radiólogos (2008) en su libro: *En el blanco: asegurando la exactitud geométrica en radioterapia*.

a. Glosario

Imagen de referencia: La imagen de referencia obtenida muestra la geometría del campo de tratamiento en relación a la anatomía interna del individuo. Estas imágenes se usará como el estándar con el cual se comparan las imágenes durante el tratamiento.

Radioterapia guiada por imágenes (IGRT): En su definición más general, consiste en todo proceso de RT que use imágenes para definir y delinear el campo de tratamiento para evaluar si se está entregando de la manera correcta.

Error por margen de configuración: Se describe como la discrepancia entre la posición del individuo durante el tratamiento y la planificada; contiene un componente sistemático y uno aleatorio.

Error grave: Se define como un error inaceptablemente grande, se debe corregir sin falta antes de entregar el tratamiento. Algunos ejemplos son: que sea el paciente equivocado, la zona de tratamiento equivocada o que el campo de tratamiento no tenga la forma, tamaño u orientación indicada.

Error sistemático: Es la desviación que ocurre en la misma dirección y en una magnitud similar para cada fracción durante el tratamiento; se debe contabilizar para cada individuo y también como población.

Error aleatorio: Esta desviación puede variar en la dirección y la magnitud en la que se presenta, puede ser diferente para cada fracción de tratamiento y debe ser cuantificado de manera individual y de manera poblacional. Estos errores se presentan durante la entrega del tratamiento. Existen errores propios del margen de configuración del individuo que son impredecibles, están relacionados con la posición de la persona y el equipo de tratamiento, también están los errores alusivos al tamaño y posición del volumen de tratamiento y los movimientos fisiológicos propios del individuo. Estos

errores se ven altamente influenciados por el sistema de inmovilización utilizado y el tipo de persona usuaria.

Medida del error por margen de configuración: Esta medida se consigue tomando en cuenta el componente aleatorio y el sistemático de la incertidumbre medida, para obtener esta medida se requiere la obtención de más de una imagen para que la verificación sea confiable (Astreinidou et al., 2005; Stroom y Heijmen, 2002; van Herk, 2004).

b. Equipo e infraestructura

La adquisición de las imágenes se llevará a cabo en la sala de simulación del servicio de RT del HSJD con el TC simulador marca Discovery 590 RT de GE Healthcare, el software procesador a utilizar es el *Advantage Workstation VolumeShare* 7 de General Electric (GE) (Boston, Massachusetts, Estados Unidos), este software se encuentra tanto en la consola de adquisición como en las consolas para planificación, dicho software cuenta con la posibilidad de comparar diferentes imágenes del mismo paciente al superponerlas, en el 1.e. se explica con mayor detalle como superponer las imágenes y como adquirir las medidas necesarias (Ciardo et al., 2015).

c. Toma de imágenes

Para la toma de imágenes, primeramente, se debe posicionar al paciente en posición supina con la cabeza en dirección al gantry del equipo, brazos a los lados del cuerpo, piernas extendidas o sobre el aditamento para piernas (dependiendo de la condición de la persona). Seguidamente, se coloca la máscara inmovilizadora creada en la simulación con las marcas correspondientes y se colocan los “BBs” en dichas marcas, aproximadamente deberían estar a la altura del nasium, luego se centran las marcas con los laser externos, se procede a corroborar con los laser propios del TC, una vez centrado se marca el cero del TC simulador.

Se procede a la consola del TC simulador donde se debe elegir el protocolo “VERIFICACION MARGEN” para adquirir el Scout, tomando como referencia los parámetros mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros para la adquisición del scout con el TC simulador.

Protocolo	VERIFICACION MARGEN
Descripción serie	SCOUT
Aditamentos	Máscara inmovilizadora “Klarity” Grosor: 3.2 mm
Tipo de exploración	Scout
Posición inicial	100
Posición final	200
Kv	120
mA	80
Plano Scout 1	90
Plano Scout 2	0
Scout WW/WL 1	500/50
Scout WW/WL 2	500/50

Fuente: Creación propia basado en el protocolo de desplazamiento de SNC propio del servicio, 2019.

Seguidamente, se procede a la adquisición de las imágenes que se utilizaran para la medición de las incertidumbres, los parámetros se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros para la adquisición de las imágenes con el TC simulador.

Protocolo	VERIFICACION MARGENES
Descripción serie	MARGENES
Aditamentos	Máscara inmovilizadora “Klarity” Grosor: 3.2 mm
Tipo de exploración	Helical Full 1.0 s
Posición inicial	I20.00
Posición final	S13.750
Numero de imágenes	10
Espesor helicoidal (mm)	3.75
Pitch	11.25
Velocidad (mm/rot)	0.562:1
Intervalo de imágenes	3.750
Angulación	S0.0
SFOV	Large Head
Kv	100
mA	440 13.36
Tiempo exposición total	5.46

Fuente: Creación propia basado en el protocolo de desplazamiento de SNC propio del servicio, 2019.

Las imágenes adquiridas deben ser comparadas con las imágenes de la simulación, ya que como fue mencionado, la planificación del tratamiento se realiza con base en estas. La literatura indica que es recomendado tomar imágenes durante tres días, la cantidad de días varía dependiendo de la zona de tratamiento, para SNC tres días consecutivos es suficiente para estimar el tamaño de los errores (Amer et al., 2001). Para comparar las imágenes se deben seguir los pasos mencionados en el punto 1.e.

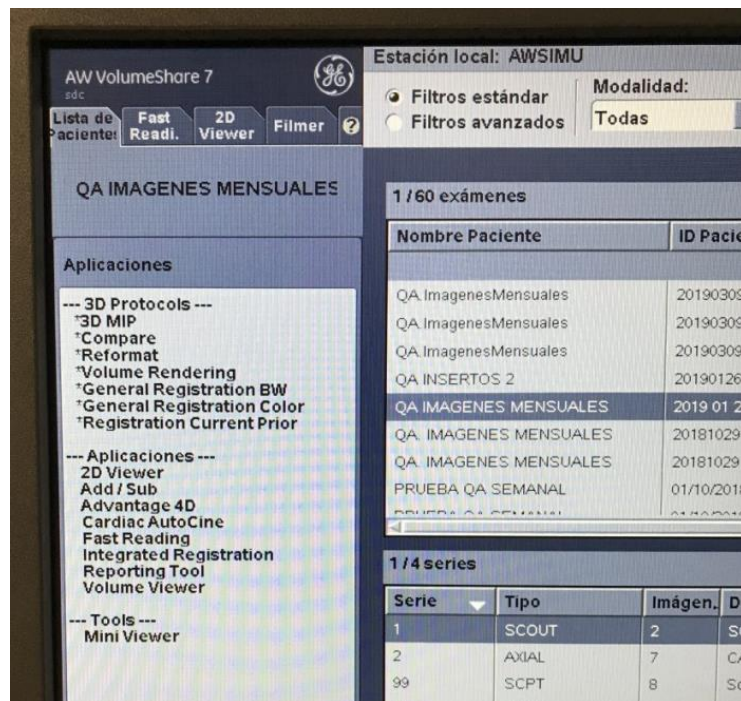
d. Personal encargado

El personal encargado de llevar a cabo el proceso de verificación debe ser multidisciplinario, es decir, debe incluir mínimo una persona profesional en dosimetría, una persona profesional en física médica y una persona profesional en medicina con especialidad en RT. Esto con el propósito de asegurar que cada una de las profesiones involucradas en la planificación y entrega de tratamientos se encuentre involucrada y representada en el proceso, lo que permite asegurar la objetividad de los resultados y promover el trabajo en equipo.

e. Procesamiento de las imágenes

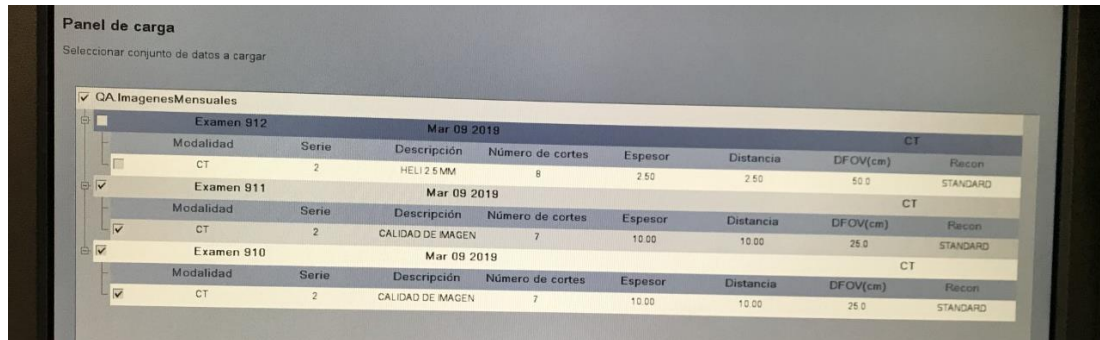
Una vez adquiridas las imágenes siguiendo los lineamientos mencionados anteriormente, es necesario compararlas con las imágenes adquiridas el día de la simulación. Para llevar a cabo esta tarea es necesario usar el software *AW VolumeShare 7* y seguir los siguientes pasos:

1. En aplicaciones se procede a seleccionar la opción de *Compare*.



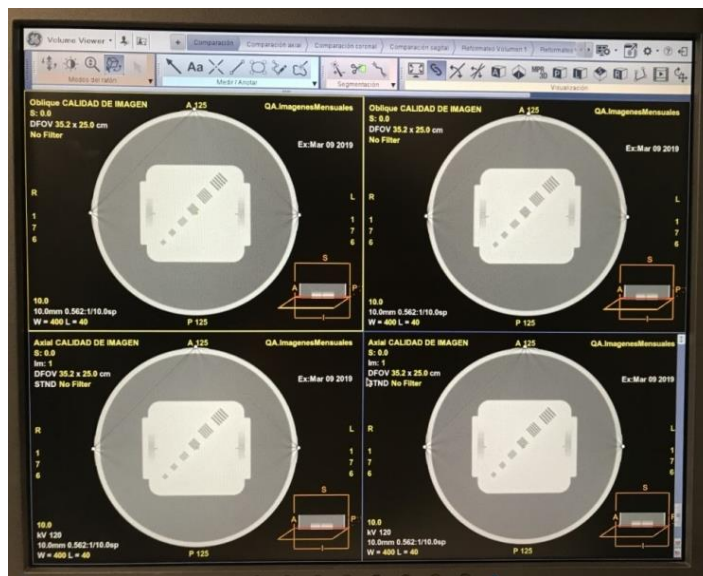
Dibujo 1. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

- En el panel de carga se eligen los datos que se quieren comparar, si son de días distintos se pueden elegir al mantener presionada la tecla “CTRL” a la hora de seleccionar el conjunto de imágenes en cuestión.



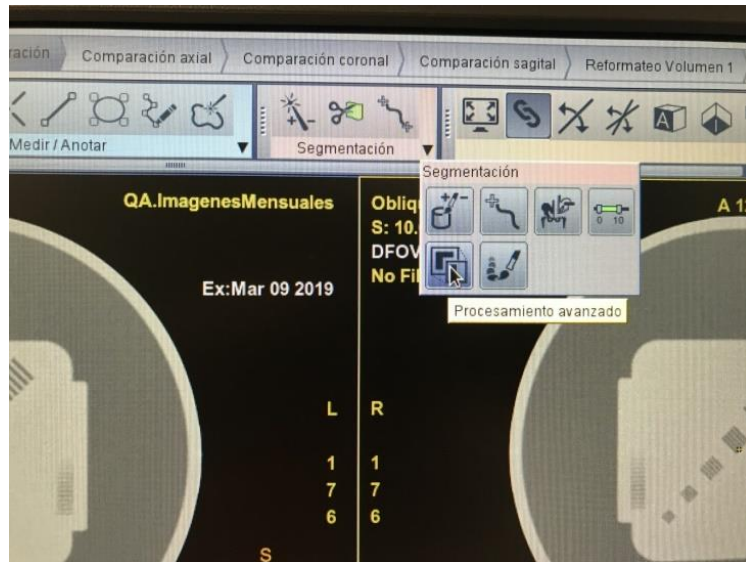
Dibujo 2. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

- Una vez seleccionados los datos dar click en “aceptar”.
- A continuación se abrirá una pantalla con las imágenes adquiridas, en este conjunto de imágenes se debe buscar el corte donde los “BBs” sean visibles.



Dibujo 3. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

5. Con el cursor ir a la sección de “Segmentación”. En esta sección buscar la opción de “procesamiento avanzado”.



Dibujo 4. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

6. Luego elegir “Adición vista activa”.



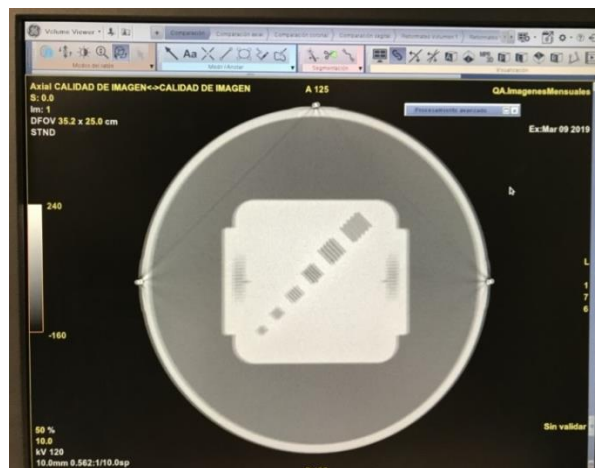
Dibujo 5. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

- Al seleccionar esta opción se debe mover con el cursor la imagen tomada el día de la verificación y colocar sobre la imagen adquirida el día de la simulación. Al acercar la imagen se habilitan dos opciones, es necesario situar la imagen en la opción que indica "Depositar vistas compartidas".



Dibujo 6. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

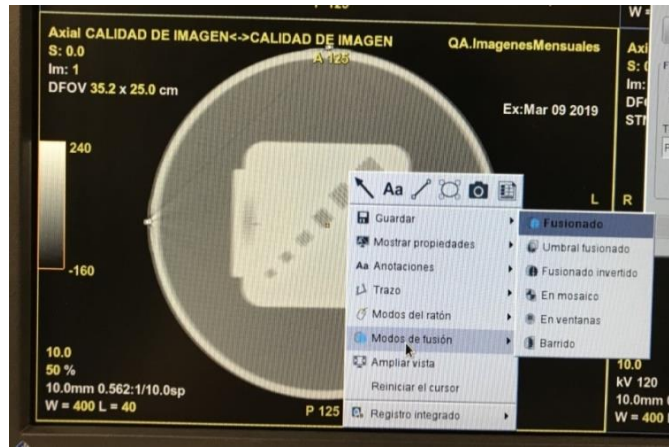
- Una vez depositada la imagen se puede observar la superposición de las imágenes.



Dibujo 7. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

- Si se quiere visualizar con mayor facilidad las imágenes superpuestas se puede agrandar el cuadro al dar doble clic sobre la misma.
- Existen varios modos de fusión, es subjetivo a cada operador con cual resulta más fácil la comparación. Para elegir la mejor opción se procede a hacer clic

derecho sobre la imagen y mover el cursor a “Modos de fusión”, ahí mismo se elige la opción de preferencia.



Dibujo 8. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

11. Si las estructuras óseas no estuvieran superpuestas, es necesario medir la distancia que hay entre ellas, para que luego esta diferencia sea cuantificada en la herramienta Excel mencionada en el punto 1.f. Las estructuras óseas que se recomienda comparar son: órbitas, seno esfenoidal, crestas petrosas y bóveda craneana, se debe realizar una valoración general y se mide la estructura más cercana a la zona de tratamiento.
12. Para tomar dicha medida se procede a la sección de “Medir/Anotar” en la parte superior de la pantalla y entre las opciones que aparecen se debe elegir “Distancia recta”.



Dibujo 9. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

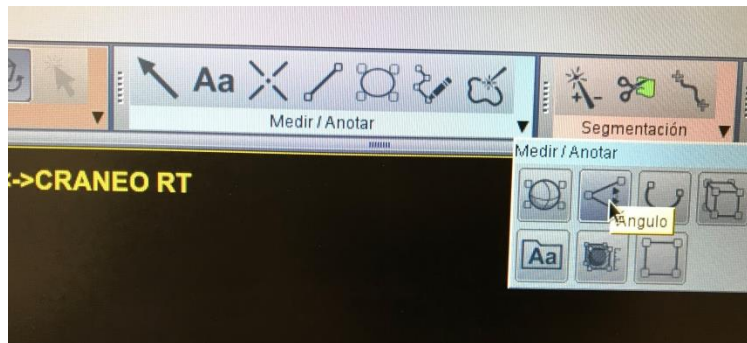
13. Con la herramienta de medición se coloca el inicio de la recta en el borde medial de la estructura ósea y el final de la recta en el borde lateral de esta misma pero en la imagen superpuesta, como se observa en el dibujo 11. La distancia medida

se observa en la esquina inferior derecha. Estos datos son los que luego serán utilizados en la herramienta Excel. Para el uso del instrumento ver Anexo 9.1.

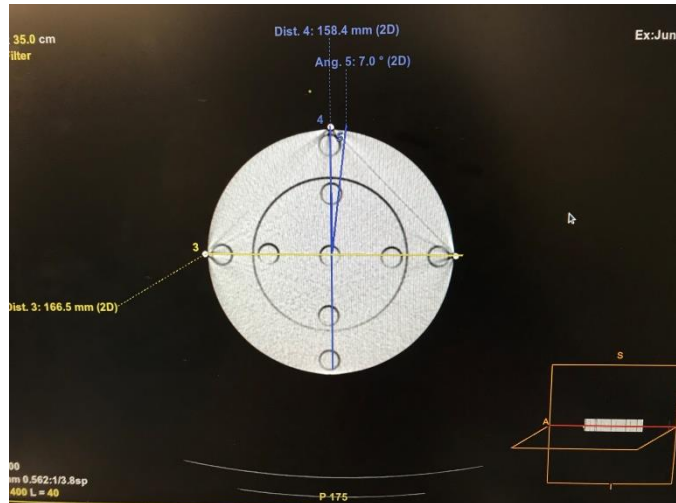


Dibujo 11. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

14. Para la medición de errores es necesario cuantificar los desplazamientos en los ejes cardinales (X, Y y Z) y también en α , β y θ , para ver si hay cambios en la angulación. Para obtener esta medida, se coloca el cursor en la sección de “medir/ anotar”, en la flecha que se muestra en esta sección y se elige la opción de ángulo, se crea un eje como se observa en el dibujo 13 y a partir de ahí se mide el ángulo, lo mismo se debe realizar en los tres cortes (axial, sagital y coronal).

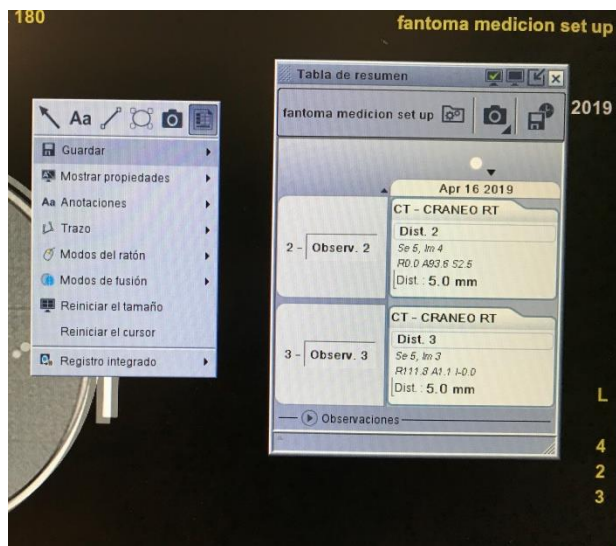


Dibujo 12. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.



Dibujo 13. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019

15. Si no aparecen los datos medidos en la pantalla, se debe hacer clic derecho y elegir la opción de tabla resumen.



Dibujo 14. Fotografía del software AW VolumeShare 7, 2019.

f. Acciones a tomar después de las mediciones

Una vez obtenidos los resultados, se debe convocar una reunión del comité asignado a la medición de errores e incertidumbres. En esta reunión se debe decidir si proceder cambiando el margen de configuración utilizado en el servicio o si implementar un protocolo de inclusión de errores al margen.

Si al comparar los datos obtenidos con el margen establecido en el servicio no coincidieran lo recomendable es implementar como nuevo margen lo obtenido, ya que estos datos se acoplan a la población específica del servicio, su equipo e inmovilizador.

Capítulo II

Medición de los errores sistemáticos y aleatorios del margen de configuración

En el siguiente capítulo se describe en qué consisten los errores que influyen en el margen de configuración, su definición y como se calcula cada uno.

Es importante recalcar que la descripción del cálculo es meramente descriptiva y en aras de facilitar el entendimiento de cada concepto. Estos cálculos los realiza la herramienta, creada con *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America), automáticamente al ingresar los datos siguiendo los pasos descritos en el Anexo 9.1.

6.1. Incertidumbre por posicionamiento

El error por margen de configuración o incertidumbre por posicionamiento (Δ) se define como las variaciones en el posicionamiento diario de las personas usuarias en la camilla de tratamiento (Stroom y Heijmen, 2002).

Este tiene un componente aleatorio y uno sistemático, el componente aleatorio se describe como los cambios que se presentan en diferente magnitud y dirección cada día, el sistemático, afecta siempre en la misma dirección y magnitud desde el inicio del tratamiento. Estos pueden tener la misma causa pero su efecto en la dosis entregada es diferente (Astreinidou et al., 2005).

Esta incertidumbre se calcula midiendo el desplazamiento de la posición de la persona el día de la simulación y el día de la adquisición de la imagen de verificación (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

Es importante que se midan las desviaciones en el plano "X Y Z" y que se mantenga la dirección del vector para que la dirección de la desviación se acople a la realidad, es decir, si se desplaza hacia la derecha en el eje X 1cm se tabula como 1cm y si se desplaza hacia la izquierda se anota -1cm, lo mismo aplica en el eje Y y en el eje Z (van Herk, 2004).

También se debe medir las rotaciones en los ángulos " θ , α y β " El ángulo θ representa el *pitch*, es decir, la rotación con respecto al eje X (izquierda – derecha); el

ángulo α se refiere al *roll* la rotación en el eje Y (arriba – abajo) y por último el ángulo β , concierne al giro del eje Z llamado *yaw* (sentido posteroanterior) (Núñez Martín, 2016).

Utilizando los datos anteriores la herramienta calcula el valor promedio y la desviación estándar, es importante recordar que la desviación estándar cuantifica que tan dispersos están los resultados o que tan lejanos están los datos a partir del promedio, para propósito de este documento el promedio representa el tamaño del error (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

6.2. Error por margen de configuración sistemático

A continuación se describe cómo calcular el componente sistemático de estas incertidumbres. Se debe hacer una medición individual, una de la población o la muestra y una por población en general.

I. Medición individual

La medición individual consiste en el error por posicionamiento propio de cada individuo, se calcula al sumar la discrepancia que hay entre las imágenes adquiridas de cada fracción y las imágenes del día de la simulación, luego de sumar, se divide en el total del número de días que se tomaron imágenes. Se muestra en la tabla como un promedio para cada eje (van Herk, 2004).

Se puede expresar con la siguiente formula:

$$m_{individual} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n}{n}$$

II. Medición por población en general

Esta medición es el promedio de los promedios obtenidos para cada paciente, en cada eje de las coordenadas. Idealmente debería ser cero, un número distinto a cero puede ser indicación de un error de fondo que está afectando a todos las personas que es necesario investigar (Stroom y Heijmen, 2002).

Este parámetro sirve para indicar la eficiencia que tiene un tratamiento (Stroom y Heijmen, 2002).

Para calcular esta medición se debe sumar el promedio de cada uno y dividirlo en el número total de la muestra, esto se debe calcular para cada eje.

$$M_{pop} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_p}{P}$$

III. Medición del error sistemático poblacional

Este error se describe como la desviación estándar del promedio individual de cada paciente sobre la medición por población en general. Esta medida muestra que tan lejano se está del promedio (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

Se calcula al sumar el cuadrado de la diferencia entre la medición por población general y la medición individual, dividido entre el número de pacientes menos uno, a continuación se observa con mayor facilidad:

$$\sum_{\text{set-up}}^2 = \frac{(m_1 - M_{pop})^2 + (m_2 - M_{pop})^2 + (m_3 - M_{pop})^2 + \dots + (m_n - M_{pop})^2}{(P - 1)}$$

6.3. Error aleatorio

Este error consiste en el factor aleatorio que se presenta cada vez que se entrega un tratamiento, por ejemplo, no siempre es el mismo tecnólogo el encargado del posicionamiento, así como la anatomía de las personas usuarias puede variar. Este componente es aleatorio ya que puede ser en diferentes magnitudes y direcciones dependiendo de la causa de la incertidumbre (El Real Colegio de Radiólogos, 2008) (Stroom y Heijmen, 2002).

I. Medición individual

El error aleatorio individual se representa con la desviación estándar de la diferencia medida en cada fracción, este cálculo se realiza para cada individuo (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

Se obtiene con la siguiente ecuación, se ejemplifica:

$$\sigma_{\text{individual}}^2 = \frac{(\Delta_1 - m)^2 + (\Delta_2 - m)^2 + (\Delta_3 - m)^2 + \dots + (\Delta_n - m)^2}{(n - 1)}$$

II. Medición por población

El error aleatorio poblacional es el promedio de todos los errores aleatorios ya medidos, para obtener este valor es importante adquirir la misma cantidad de imágenes para cada individuo (El Real Colegio de Radiólogos, 2008).

En la ecuación 5 se describe el cálculo:

$$\sigma_{\text{set-up}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \dots + \sigma_p}{P}$$

Bibliografía

El Real Colegio de Radiólogos. (2008). On target: ensuring geometric accuracy in radiotherapy. London: Royal College of Radiologists.

Higgins, J. A., Bezjak, A., Hope, A., Panzarella, T., Li, W., Craig, T., ... Bissonnette, J. (2009). Impact of Different Image-guided Protocols on Geometric Accuracy of Radiotherapy for Locally-advanced Lung Cancer. *International Journal of Radiation Oncology • Biology • Physics*, 75(3), S98. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2009.07.240>

Stroom, J. C., de Boer, H. C. J., Huizenga, H., & Visser, A. G. (1999). Inclusion of geometrical uncertainties in radiotherapy treatment planning by means of coverage probability. *International Journal of Radiation Oncology*Biological*Physics*, 43(4), 905-919. [https://doi.org/10.1016/S0360-3016\(98\)00468-4](https://doi.org/10.1016/S0360-3016(98)00468-4)

Stroom, J. C., & Heijmen, B. J. M. (2002). Geometrical uncertainties, radiotherapy planning margins, and the ICRU-62 report. *Radiotherapy and Oncology: Journal of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology*, 64(1), 75-83.

van Herk, M. (2004). Errors and margins in radiotherapy. *Seminars in Radiation Oncology*, 14(1), 52-64. <https://doi.org/10.1053/j.semradonc.2003.10.003>

Uso de la herramienta Excel para obtener las mediciones

La herramienta creada en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America) para la recolección de datos y subsecuente medición de las incertidumbres se encuentra bajo el nombre de “Tabla incertidumbre margen de configuración”.

Para la medición de las incertidumbres se utilizara una muestra del total de los pacientes tratados por SNC en el servicio. Basándose en la estadística provista por la Responsable de Protección Radiológica, se calculó un tamaño de muestra de 30 personas, la cual cuenta con un 95% de nivel de confianza y 15% de margen de error.

En este documento se presenta una tabla correspondiente para cada individuo de la muestra donde se tabularan los datos obtenidos en el punto 1.e (comparación y procesamiento de las imágenes). La tabla tiene los siguientes rubros:

Tabla 1. Tabulación de datos para la medición de incertidumbres.

1		Paciente:		Cédula:			
		Discrepancia (mm)					
Fración		X	Y	Z	α	β	Θ
1							Promedio del error sistemático individual
2							X #DIV/0!
3							Y #DIV/0!
							Z #DIV/0!
							α #DIV/0!
							β #DIV/0!
							Θ #DIV/0!
							Error aleatorio individual
							X #DIV/0!
							Y #DIV/0!
							Z #DIV/0!
							α #DIV/0!
							β #DIV/0!
							Θ #DIV/0!

Fuente: elaboración propia. 2019

Para completar la tabla en el rubro “Paciente” se debe escribir el nombre del paciente, en el rubro “Cédula” se escribe el número de cédula del mismo.

Por cada fracción en la que se adquieran imágenes de verificación se debe colocar la distancia que hay entre la estructura ósea de elección de la imagen base y la imagen superpuesta. Las diferencias se miden en el eje de coordenadas “X, Y, Z” y los ángulos “ Θ , α y β ”. “X” siendo en dirección izquierda – derecha del paciente, “Z” siendo en dirección suelo – techo (arriba – abajo) y “Y” siendo en dirección pies-cabeza, estas coordenadas se describen en la figura 10.

El ángulo Θ representa la rotación con respecto al eje X (izquierda – derecha); el ángulo α refiere a la rotación en el eje Y (arriba – abajo) y el ángulo β es el giro del eje Z (sentido posteroanterior) en la figura 11 se describe para su mejor entendimiento.

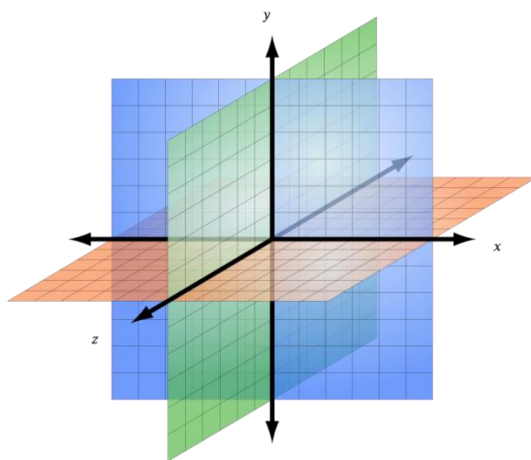


Figura 10. Eje de coordenadas “X. Y. Z”.

Fuente: Sakurambo, I (2007).

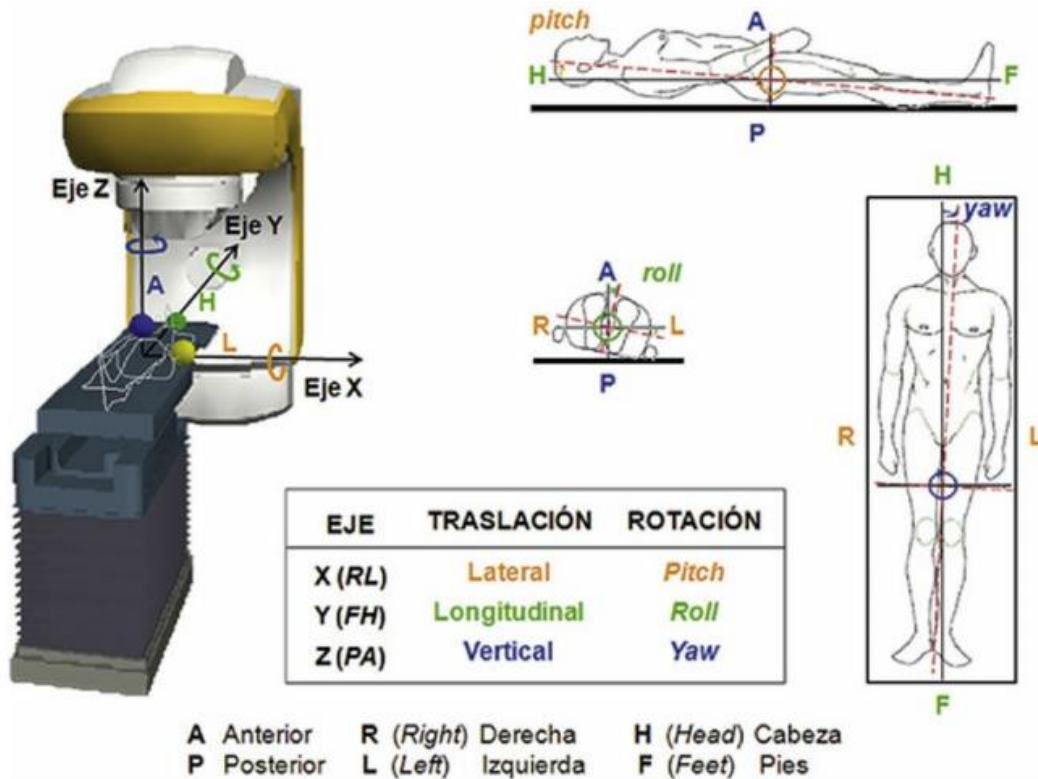


Figura 11. Ángulos “ θ , α y β ”, θ es el *pitch*, α es el *roll* y β es la rotación *yaw*.

Fuente: Núñez Martín, (2016).

Como se mencionó anteriormente en la fila del eje “X” se tabula la discrepancia entre las imágenes en dirección Izquierda – Derecha, en la fila del eje “Y” la diferencia o movimiento en dirección Arriba – Abajo o Suelo - Techo, y en el eje “Z” se escribe la diferencia en dirección Pies – Cabeza. Por ejemplo si un “BB” aparece en un corte diferente a los otros “BBs” significa que la discrepancia está en el eje “Z”. Lo mismo se realiza con la diferencia observada en las rotaciones o angulaciones.

Una vez ingresados los datos en cada fila, las medidas de “Promedio del error por margen de configuración individual” y “Error aleatorio individual” se irán actualizando, subsecuentemente conforme se adquieren los datos de las demás personas de la muestra se actualizan los rubros de “Promedio del error por margen de configuración muestral” y “Error aleatorio muestral”.

En el Capítulo II se describe en que consiste cada tipo de error y como se calcula, vale recalcar que los cálculos los realiza la herramienta de *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America) automáticamente.

Fase IV (elaboración de la herramienta): Desarrollar una herramienta en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America) que permita el almacenamiento de los datos recolectados durante las mediciones y su análisis. El propósito es, que, al ingresar los datos arrojados por el TC simulador y su respectivo software, se obtenga un promedio de las incertidumbres y errores, además de sus respectivas desviaciones estándar.

Para cumplir con lo propuesta en esta fase se creó una herramienta en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America). En la guía que se presenta más adelante se describe cómo utilizar dicha herramienta. Esta herramienta al ser digital no puede ser adjunta a este documento, sin embargo, a continuación se describe en que consiste y como hacer uso de la misma; vale recalcar que dicha herramienta fue entregada al servicio de manera digital para su futuro uso.

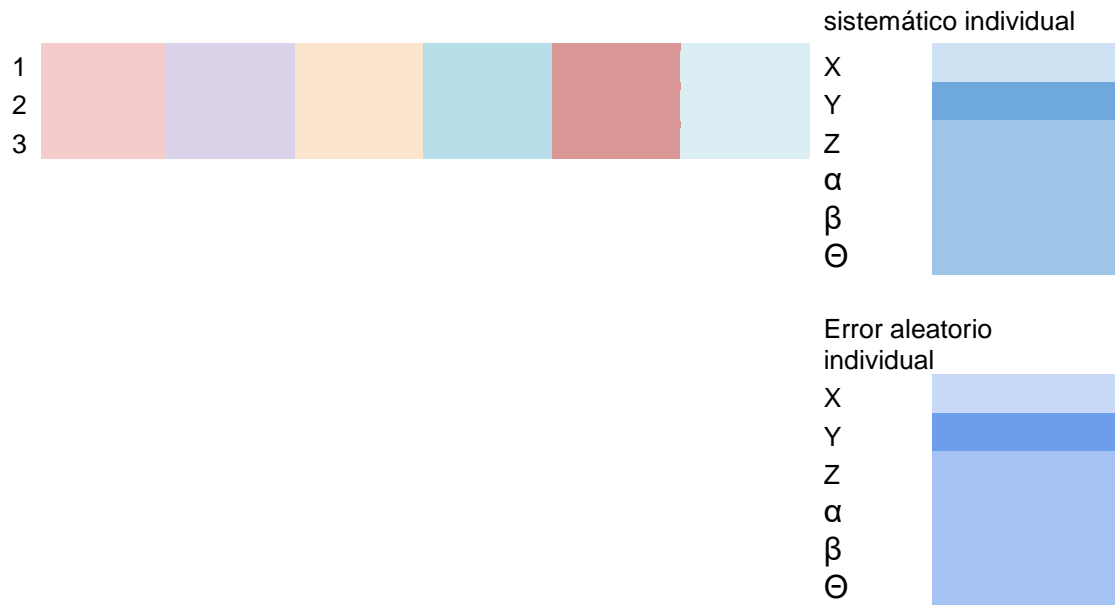
La metodología propone que una vez adquiridas las imágenes y tomadas las medidas necesarias, se deben incluir estos datos en la herramienta creada para su respectiva cuantificación.

Ya ingresados los datos se obtendrá: el valor promedio del error sistemático individual, el valor del error sistemático por población individual, el promedio del error sistemático de la muestra, la medición individual del error aleatorio y el valor del error aleatorio de la muestra. En el capítulo II del anexo 9 se describe en qué consiste cada error y cómo se traduce en la planificación del tratamiento.

En la metodología propuesta se recomienda el uso de una muestra de 30 personas para el cálculo, esta cuenta con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 15%. La herramienta creada será provista con los rubros para incluir los 30 campos, todos están incluidos en las respectivas fórmulas, esto en aras de facilitar el trabajo del personal del servicio. La tabla elaborada se observa a continuación:

Tabla 1. Medición del error por posicionamiento por individuo.

1	Paciente:	Cédula:						
	Discrepancia (mm)							
Fracción	X	Y	Z	α	β	Θ	Promedio del error	



Fuente: creación propia, 2019.

En dicha tabla, se debe escribir lo medido en cada fracción, los datos adquiridos serán las discrepancias observadas en los ejes X, Y, Z, es decir, las coordenadas planares y en el eje Θ , α y β , que representan las angulaciones. El ángulo Θ representa el *pitch*, es decir, la rotación con respecto al eje X (izquierda – derecha); el ángulo α se refiere al *roll* la rotación en el eje Y (arriba – abajo) y por último el ángulo β , concierne al giro del eje Z llamado *yaw* (sentido posteroanterior) (Núñez Martín, 2016).

Al finalizar los tres días de adquisición de imágenes los cálculos para el error sistemático individual y aleatorio se verán completados para cada eje.

Para que la medición de las incertidumbres sea fidedigna y útil, es necesario realizar el cálculo del error sistemático de la muestra, el error aleatorio de la muestra y el error sistemático por población general. Estos datos se obtienen una vez calculados el error individual para la totalidad de la muestra.

En la tabla 2 se observa como en la herramienta creada se presentan los resultados para la muestra, de igual manera que con los cálculos realizados para cada individuo, se obtienen valores para los ejes X, Y, Z, Θ , α y β .

Tabla 2. Medición del error sistemático y aleatorio para la muestra

Error por posicionamiento de la muestra

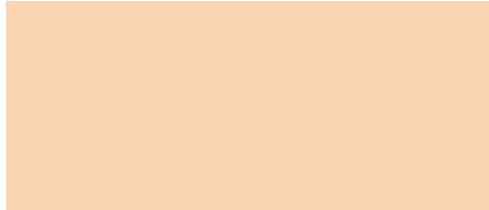
Error sistemático muestral

X
Y
Z
 α
 β
 Θ



Error aleatorio muestral

X
Y
Z
 α
 β
 Θ



Error sistemático por población en general

X
Y
Z
 α
 β
 Θ



Fuente: creación propia, 2019.

Fase V (presentación de la metodología): Se realizó una presentación frente al personal del servicio en una de las sesiones que se realizan regularmente. A dichas sesiones debe asistir todo el personal del servicio y normalmente se habla sobre mejoras y cambios en el centro o se presentan temas alusivos a la radioterapia, como fue el caso de este proyecto.

En dicha presentación se explicaron las bases conceptuales concernientes a las incertidumbres, la medición de errores y la verificación geométrica. Se compartieron los resultados obtenidos en la Fase II, es decir, las causas específicas de los errores por posicionamiento que se presentan en el servicio.

Una vez que el público tuvo clara la importancia y necesidad de tener una manera de medir las incertidumbres y errores que se presentan en el transcurso de la terapia

de una persona usuaria, les fue presentada la propuesta metodológica, la herramienta creada en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America) y se explicó detalladamente como llevar a cabo la adquisición de las imágenes, la medición y la tabulación de los datos.

Al finalizar la presentación, hubo un espacio para aclarar las dudas y escuchar los comentarios y sugerencias provistas por los asistentes a la sesión.

3. Los alcances del proyecto se refiere al tipo de mejoras introducidas con motivo del proyecto, productos entregados durante las etapas iniciales, intermedias y al final del proyecto

Como producto del proyecto realizado, se pudieron identificar las causas específicas de los errores e incertidumbres existentes en el servicio de RT del HSJD; en la Fase II, determinación de las causas de los errores e incertidumbres por margen de configuración, se describieron los resultados obtenidos.

Como se mencionó, no existe literatura sobre el tema en Costa Rica, ni en países latinoamericanos. Para cada servicio de RT es de suma importancia tener caracterizada su población e identificar los causantes de errores por posicionamiento, esta información facilita el trabajo del personal del servicio, ya que, de esta manera se puede saber qué tipo de falencia observar antes de tomar las medidas correspondientes. El poder especificar los diferentes causantes le brinda mayor validez y confianza a los datos obtenidos a partir de los cálculos realizados. Con esto se garantiza que los márgenes utilizados para la terapia se acoplan a la población específica del centro de tratamiento.

Para solucionar el problema de las incertidumbres no medidas, se creó una propuesta metodológica (). Dicha propuesta se adapta a los aditamentos utilizados en el servicio, al equipo de TC simulador y al personal del centro, cuando se abordan patologías del SNC. Esta guía metodológica viene descrita paso por paso desde cómo posicionar al individuo hasta cómo adquirir las imágenes y las medidas correspondientes.

El propósito de la metodología provista es que de una manera simple y ordenada, se puedan recolectar los datos necesarios para la medición de incertidumbres y errores. Al seguir los pasos de la guía se elimina el factor subjetivo y se garantiza la reproducibilidad de la tarea.

El documento fue creado y validado bajo la supervisión del comité asesor y con base en la revisión documental realizada y queda a la disposición de todo el personal del servicio. Por esta razón, cuenta con un glosario de la terminología necesaria para

llevar a cabo la tarea y un resumen de los conceptos básicos concernientes al tema de medición de incertidumbres.

Para la medición *per se* de los errores por posicionamiento se elaboró una herramienta en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America). Esta herramienta establece sus propias instrucciones para tabular los datos medidos luego de la toma de imágenes. Cuando los datos ya han sido tabulados, se obtiene de manera automática los valores para el error sistemático y aleatorio para cada individuo. Una vez calculados los errores individuales se procede con el cálculo de los valores de la muestra, es decir, el error sistemático de la muestra, el error aleatorio de la muestra y el error sistemático por población en general; estos datos se obtienen de manera automática.

El uso de la herramienta creada es simple de comprender y de utilizar, en conjunto con la metodología propuesta, se pueden obtener los datos para la medición de errores por posicionamiento con rapidez y eficiencia.

4. Evaluación del proyecto

En la sesión clínica mencionada anteriormente se expuso en qué consiste este trabajo, sus objetivos y alcances, esto con el propósito de permitir un entendimiento claro y conciso del tema, seguido por una descripción detallada de la metodología propuesta y la elaboración y uso de la herramienta.

Seguidamente se facilitó una encuesta (ver Anexo 11), como se estableció en el punto 3.h., esta encuesta fue dirigida al médico jefe del servicio, a una persona profesional en física médica, a una persona profesional en imagenología, una persona profesional en imagenología con énfasis en dosimetría y un médico especialista en RT.

En la encuesta los puntos evaluados fueron: el manejo del tema por parte de la proponente, las causas de incertidumbres mencionadas, factibilidad y reproducibilidad de la metodología y herramienta propuestas, adaptación a la realidad del servicio y si recomendarían la implementación de una metodología similar a otras zonas de

tratamiento y a otros centros médicos basados en la guía presentado como producto final del proyecto.

En la encuesta se presentan dos tipos de preguntas, las primeras dos interrogantes tienen el propósito de evaluar en una escala numérica la propuesta metodológica y la presentación oral de la misma; las siguientes 7 preguntas son de tipo dicotómicas, donde la respuesta puede ser Sí o No, estas tienen el objetivo de obtener la opinión por parte del personal encuestado sobre: la factibilidad de implementar lo propuesto en el servicio. Las casillas de marcaron con un “X” dependiendo de la respuesta de cada persona.

Las encuestas realizadas se encuentran en el Anexo 12.

En la pregunta 1, se muestra que 4 de las personas encuestadas calificaron la presentación del proyecto, en una escala del 1 al 5, con un 5, es decir, excelente; una de las cinco personas calificó la presentación con un 4.

Para calificar la propuesta metodológica, usando la misma escala del 1 al 5, 1, siendo, muy mal y 5 siendo excelente, 3 de las 5 personas encuestadas dio una evaluación de 4 y las 2 personas restantes dio una evaluación de 5.

En las siguientes interrogantes, exceptuando la pregunta 9, la totalidad del personal cuestionado afirmó que:

- Esta de acuerdo con las causas de incertidumbre mencionadas en la presentación.
- La metodología es de fácil comprensión.
- Considera que los parámetros sugeridos son los adecuados para la medición de las incertidumbres.
- La metodología se adapta a la realidad de la CCSS.
- Recomendaría la adaptación del proyecto a las demás zonas de tratamiento.

En la pregunta 9, una de las cinco personas encuestadas afirmó que no recomendaría el uso de esta herramienta en los demás servicios de RT de la CCSS, las otras cuatro personas si recomendarían la herramienta creada.

Esta persona agrega el comentario de que lo que recomendaría sería implementar la propuesta metodológica haciendo uso del sistema de imágenes propio del equipo de tratamiento.

En el espacio para sugerencias y comentarios se tuvo que aclarar que lo propuesto no es sustituir la verificación con imágenes que se hace usualmente en todos los servicios de RT, si no, adquirir imágenes con el TC simulador para verificar si las incertidumbres medidas en base a estas imágenes están siendo contempladas en el margen de configuración. Además se explicaron las limitaciones del proyecto realizado y las recomendaciones a futuro, si decidieran hacer uso de la metodología propuesta.

5. Campos abiertos que deja el proyecto

Con base en la información provista, se sugiere iniciar la adquisición de datos con pacientes, preferiblemente citados para recibir su terapia en este centro. Esta tarea puede llevarse a cabo bajo la supervisión de un comité asesor conformado por el personal del servicio de RT del HSJD.

Con estos datos se puede comparar lo propuesto en la teoría por este documento con lo observado en los y las usuarias del centro, de esta manera se puede comprobar si lo propuesto en la guía metodológica se acopla a la realidad del servicio.

Una de las limitaciones que presentó el proyecto fue el no abarcar la etapa de la terapia, al realizarse con el TC simulador se tomó en cuenta solamente las incertidumbres involucradas en la etapa de la simulación y planificación del tratamiento.

Es deseable en futuras investigaciones hacer uso del sistema de imágenes adjunto al equipo de tratamiento, esto con el propósito de incorporar las incertidumbres y errores que se presentan durante la entrega de la terapia.

Este trabajo pretende promover la medición de incertidumbres y verificación de márgenes, es deseable aplicar lo propuesto en este proyecto en los demás centros de RT a nivel nacional para, de esta manera, tener márgenes específicos a la población costarricense.

Existe una necesidad importante de fomentar la investigación en el gremio de la Imagenología. Esta carrera se encuentra en su apogeo, con las nuevas tecnologías y profesionales que se gradúan cada año, este proyecto se puede utilizar como plataforma para una tesis de grado o un artículo científico.

De igual manera, puede servir como base para generar investigaciones interdisciplinarias y demostrar la importancia de la presencia y el vital papel que juega un profesional en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica en el área de la RT y dentro del marco del sistema de salud nacional.

Este proyecto deja como campos abiertos: investigación a nivel nacional, investigación en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, caracterización de la población del servicio de RT del HSJD y caracterización de los equipos e inmovilizadores utilizados en el centro para otras zonas del cuerpo que necesiten tratamientos con radiación como parte de su abordaje terapéutico.

Capítulo V

7. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

A lo largo de la elaboración del proyecto se llegó a las siguientes conclusiones:

Con base en las entrevistas realizadas al personal del servicio y la revisión documental fue evidente la presencia de incertidumbres que ocurren durante el proceso de la simulación y planificación de un tratamiento de RT. Estas incertidumbres no han sido documentadas ni especificadas, por lo tanto, la elección del margen de configuración en el servicio ha sido basada en la literatura internacional.

Se pudo identificar y clasificar las causas principales de estas incertidumbres, esto con el propósito de facilitar la medición de las mismas y caracterizar de manera específica el personal y equipamiento del servicio de RT del HSJD.

Al consultar varios artículos científicos y libros de RT, se obtuvo información valiosa relacionada con la medición de incertidumbres y verificación de márgenes. Con esto, se logró crear una propuesta metodológica para la medición de las incertidumbres asociadas con el posicionamiento haciendo uso del TC simulador del servicio.

En conjunto con la metodología creada se elaboró una herramienta en *Microsoft Excel Professional Plus 2010* (Redmont, Washington, Estados Unidos de America), la cual será incorporada de manera digital al documento en su producción final. Esta herramienta tiene como propósito facilitar la tabulación de los datos adquiridos y obtener los valores necesarios para la medición de las incertidumbres y errores por margen de configuración para tratamientos del SNC y que pueda extrapolarse a otros sitios de tratamiento.

Para emplear lo propuesto en este proyecto no se requieren elementos externos al servicio, puesto que la metodología fue planteada de tal manera que el TC simulador, las máscaras inmovilizadoras, la cantidad de pacientes y el personal son suficientes para llevar a cabo la medida.

En base a la sesión donde se presentó la propuesta metodológica y las encuestas realizadas se puede concluir que el proyecto se acopla a las necesidades del servicio y su implementación en el mismo sería factible. Los encuestados afirmaron estar satisfechos con los resultados del trabajo final de graduación y comentaron estar anuentes a llevar a cabo la medición de incertidumbres por margen de configuración en los tratamientos de SNC.

Recomendaciones

Lo propuesto en este documento abarca solamente los tratamientos de SNC, se recomienda que esta tarea se realice en todas las zonas anatómicas que reciben tratamiento radioterapéutico, es decir, pelvis, mama, próstata, etc. De igual manera deben ser medidas con los diferentes inmovilizadores utilizados, para categorizar de la mejor manera las incertidumbres.

Se recomienda antes de iniciar la medición de incertidumbres con pacientes realizar una reunión donde se pueda definir el comité encargado de la tarea y crear un espacio para repasar los conceptos claves concernientes al tema y aclarar cualquier duda que haya surgido desde que se presentó la propuesta metodológica por parte de la proponente hasta el día cuando se inicia la adquisición de datos con pacientes.

Es de especial importancia realizar la medición de incertidumbres cuando el centro implementa algún cambio significativo, ya sea, cambio de proveedor de inmovilizador, cambios en el equipo de TC simulador, entre otros. Un cambio puede influir de manera sustancial en la entrega de la dosis prescrita, por lo tanto, es recomendable medir de nuevo los errores para garantizar que el tratamiento se sigue entregando de manera óptima.

Es aconsejable realizar este proyecto haciendo uso del sistema de imágenes del equipo de tratamiento para incluir esta fase en la medición de errores.

Con la metodología propuesta se presenta una base para realizar investigación en el tema de medición de incertidumbres y verificación de márgenes. Es importante fomentar la misma para no solo aumentar el número de trabajos realizados en este

tema sino también para promover la investigación en el gremio de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica.

Se recomienda utilizar este documento como base para establecer un protocolo de medición de incertidumbres en el margen de configuración a nivel institucional en la Caja Costarricense del Seguro Social. De esta manera, se regularía el tamaño de los márgenes de configuración utilizados a nivel nacional y se garantizaría mucho más la calidad de los tratamientos entregados en el país.

8. Bibliografía

- Alert Silva, J., y Jiménez Medina, J. (2004). Tendencias del tratamiento radiante en los tumores del sistema nervioso central. *Revista Cubana de Medicina*, 43(2-3), 0-0.
- Alfonso, R, García, F, Castillo, D, Ascensión, Y, Argota, R, y Linares, Y. (2015). *Optimización de la Dosis en Pacientes de Radioterapia Durante Igrt Basada En 4d-Cbct*. 9.
- Amer, A. M., Mackay, R. I., Roberts, S. A., Hendry, J. H., y Williams, P. C. (2001). The required number of treatment imaging days for an effective off-line correction of systematic errors in conformal radiotherapy of prostate cancer — a radiobiological analysis. *Radiotherapy and Oncology*, 61(2), 143-150. [https://doi.org/10.1016/S0167-8140\(01\)00440-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8140(01)00440-6)
- Armijo, M. (2011). *Planificación estratégica e indicadores de desempeño en el sector público*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL, ILPES.
- Astreinidou, E., Bel, A., Raaijmakers, C. P. J., Terhaard, C. H. J., y Legendijk, J. J. W. (2005). Adequate margins for random setup uncertainties in head-and-neck IMRT. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 61(3), 938-944. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2004.11.016>
- Atlan, D., Hans, S., Brasnu, D., y Housset, M. (2005). Radioterapia externa de los cánceres de cabeza y cuello. *EMC - Otorrinolaringología*, 34(1), 1-7. [https://doi.org/10.1016/S1632-3475\(05\)41877-9](https://doi.org/10.1016/S1632-3475(05)41877-9)
- Bell, K., Licht, N., Rube, C., y Dzierma, Y. (2018). Image guidance and positioning accuracy in clinical practice: influence of positioning errors and imaging dose on

- the real dose distribution for head and neck cancer treatment. *Radiation Oncology*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13014-018-1141-8>
- Bortfeld, T., van Herk, M., y Jiang, S. B. (2002). When should systematic patient positioning errors in radiotherapy be corrected? *Physics in Medicine and Biology*, 47(23), N297-302.
- Burnard, P. (1991). A method of analysing interview transcripts in qualitative research. *Nurse Education Today*, 11(6), 461-466. [https://doi.org/10.1016/0260-6917\(91\)90009-Y](https://doi.org/10.1016/0260-6917(91)90009-Y)
- Caja Costarricense de Seguro Social. (s. f.). Caja Costarricense de Seguro Social | Hospitales. Recuperado 9 de diciembre de 2018, de <https://www.ccss.sa.cr/hospitales?v=25>
- Carmona, A. (1994). *Ubicación del Hospital San Juan de Dios*. 9.
- Chaves, A. B., y Nájera, C. (2015). *Propuesta de protocolo para determinar los Volúmenes Blanco de Planificación (PTV) que pueden aplicarse en los tratamientos de cáncer de cabeza y cuello en un servicio de radioterapia*. Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica.
- Cherry, S. R., Sorenson, J. A., y Phelps, M. E. (2012). *Physics in nuclear medicine* (4th ed). Philadelphia: Elsevier/Saunders.
- Ciarlo, D., Alterio, D., Jereczek-Fossa, B. A., Riboldi, M., Zerini, D., Santoro, L., ... Orecchia, R. (2015). Set-up errors in head and neck cancer patients treated with intensity modulated radiation therapy: Quantitative comparison between three-dimensional cone-beam CT and two-dimensional kilovoltage images. *Physica Medica: PM: An International Journal Devoted to the Applications of Physics to*

- Medicine and Biology: Official Journal of the Italian Association of Biomedical Physics (AIFB)*, 31(8), 1015-1021. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2015.08.004>
- Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas. (2010). ICRU 83. *Journal of the ICRU*, 10(1), 103. <https://doi.org/10.1093/jicru/ndq003>
- Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiactivas. (2018). International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). Recuperado 20 de enero de 2018, de <https://icru.org/content/uncategorised/objectives>
- Comisión Internacional de Unidades y Medidas de Radiación, y Sociedad Española de Física Médica. (1999). *Prescripción, registro y elaboración de informes en la terapia con haces de fotones*. Huerca-Overa (Almería: Edicon).
- Dearnaley, D. P., Khoo, V. S., Norman, A. R., Meyer, L., Nahum, A., Tait, D., ... Horwich, A. (1999). Comparison of radiation side-effects of conformal and conventional radiotherapy in prostate cancer: a randomised trial. *The Lancet*, 353(9149), 267-272. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)05180-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)05180-0)
- Delishaj, D., Ursino, S., Pasqualetti, F., Matteucci, F., Cristaudo, A., Soatti, C. P., ... Paiar, F. (2018). Set-up errors in head and neck cancer treated with IMRT technique assessed by cone-beam computed tomography: a feasible protocol. *Radiation Oncology Journal*, 36(1), 54-62. <https://doi.org/10.3857/roj.2017.00493>
- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., y Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167.
- EcuRed. (2015). Hospital San Juan de Dios (San José de Costa Rica) - EcuRed. Recuperado 9 de diciembre de 2018, de

[https://www.ecured.cu/Hospital_San_Juan_de_Dios_\(San_Jos%C3%A9_de_Costa_Rica\)](https://www.ecured.cu/Hospital_San_Juan_de_Dios_(San_Jos%C3%A9_de_Costa_Rica))

El Real Colegio de Radiólogos. (2008). *On target: ensuring geometric accuracy in radiotherapy*. London: Royal College of Radiologists.

Garden, A. S., Beadle, B. M., Gunn, G. B., y Ang, K. K. (2006). *Radiotherapy for head and neck cancers: indications and techniques*. Recuperado de http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JSyCSC=YyNEWS=NyPAGE=booktextyD=books3yAN=01996160/5th_Edition

GE Healthcare. (2018). Discovery CT590 RT - Radiation Therapy Planning - Computed Tomography - CATEGORIES. Recuperado 10 de diciembre de 2018, de http://www3.gehealthcare.com.sg/en-gb/products/categories/computed_tomography/radiation_therapy_planning/discovery_ct590rt

Higgins, J. A., Bezjak, A., Hope, A., Panzarella, T., Li, W., Craig, T., ... Bissonnette, J. (2009). Impact of Different Image-guided Protocols on Geometric Accuracy of Radiotherapy for Locally-advanced Lung Cancer. *International Journal of Radiation Oncology • Biology • Physics*, 75(3), S98. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2009.07.240>

HM Hospitales. (2018). IGRT. Recuperado 10 de diciembre de 2018, de Radioterapia HM website: <http://www.radioterapiahm.com/igrt/>

Hoisak, J. D. P., y Pawlicki, T. (2018). The Role of Optical Surface Imaging Systems in Radiation Therapy. *Seminars in Radiation Oncology*, 28(3), 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2018.02.003>

- Iglesias, A. (2003). Planificadores 3D y simulación virtual del tratamiento. Situación en España. Supervivencia asociada a su aplicación. Recuperado de <https://extranet.sergas.es/catpb/Publicaciones/detallepublicacion.aspx?idpaxina=40008yidcatalogo=666>
- Miller, R. A., Blanco, H., y de la Mora, R. (s. f.). *Sistema de Control de Calidad de imágenes axiales en Tomografía Computarizada*. Recuperado de http://www.bvs.hn/cu-2007/ponencias/COM/COM047_Sistema%20de%20Control%20de%20Calidad%20de%20im%E1genes%20axiales%20en%20Tomograf%EDa%20Computarizada.pdf
- Morera, M., y Aparicio, A. (s. f.). *Diferencias territoriales en el funcionamiento de las áreas de salud*. 31.
- Núñez Martín, L. (2016). *Elementos de radiofísica para técnicos superiores en radioterapia y dosimetría*. Barcelona, España: Elsevier.
- Oncolink. (2018). Revisión ilustrada del proceso de tratamiento de radioterapia | OncoLink. Recuperado 10 de diciembre de 2018, de <https://es.oncolink.org/tratamiento-del-cancer/radiacion/resumen/revision-ilustrada-del-proceso-de-tratamiento-de-radioterapia>
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2013). *Radioterapia*. Recuperado de <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/InformationFor/Patients/patient-information-radiotherapy/index.htm>
- Ortegón, E., Pacheco, J. F., y Prieto, A. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*.

Recuperado de

<http://www.cepal.org/publicaciones/lipos/0/LCL2350P/manual42.pdf>

Pelayo, B. D. C. (2013). Radioterapia externa: lo que el médico general debe saber.

Revista Médica Clínica Las Condes, 24(4), 705-715.

[https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(13\)70210-4](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(13)70210-4)

Pouliot, J. (2007). Megavoltage Imaging, Megavoltage Cone Beam CT and Dose-

Guided Radiation Therapy. En J. L. Meyer, B. D. Kavanagh, J. A. Purdy, y R.

Timmerman (Eds.), *Frontiers of Radiation Therapy and Oncology* (pp. 132-142).

<https://doi.org/10.1159/000106032>

Radiology (ACR), R. S. of N. A. (RSNA) and A. C. of. (s. f.). Radioterapia guiada por

imágenes (IGRT). Recuperado 7 de diciembre de 2018, de

<https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=igrt>

Romero, P., Villafranca, E., Rico, M., Manterola, A., Vila, M. T., y Domínguez, M. A.

(2009). Radioterapia guiada por imagen: Impacto clínico. *Anales del Sistema*

Sanitario de Navarra, 32, 33-37.

Roselló, J. (2004). Control de calidad en radioterapia externa conformada e IMRT.

2004, 27(6), 2.

Rybovic, M., Banati, R., y Cox, J. (2008). Radiation therapy treatment verification

imaging in Australia and New Zealand. *Journal of Medical Imaging and Radiation*

Oncology, 52(2), 183-190. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1673.2008.01940.x>

Sánchez, R. A., González, A., y Rocha, A. (2011). Reproducibilidad del posicionamiento

de pacientes en tratamiento con radioterapia del Centro Javeriano de Oncología.

Universitas Medica, 52(1), 44-62.

- Schreiber, G. (2018). *General Principles of Radiation Therapy: Overview, Biologic Basis, Basic Physics*. Recuperado de <https://emedicine.medscape.com/article/846797-overview>
- Servicio de Radioterapia. (2017). *Plan Presupuesto 2018-2019*.
- Stratford, J., Ball, K., Henry, A. M., Cullen, J. N., Swindell, R., Price, P., y Jain, P. (2006). Radiotherapy Treatment Verification in the UK: An Audit of Practice in 2004. *Clinical Oncology*, 18(1), 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.clon.2005.09.005>
- Stroom, J. C., de Boer, H. C. J., Huizenga, H., y Visser, A. G. (1999). Inclusion of geometrical uncertainties in radiotherapy treatment planning by means of coverage probability. *International Journal of Radiation Oncology*Biolog*Physics*, 43(4), 905-919. [https://doi.org/10.1016/S0360-3016\(98\)00468-4](https://doi.org/10.1016/S0360-3016(98)00468-4)
- Stroom, J. C., y Heijmen, B. J. M. (2002). Geometrical uncertainties, radiotherapy planning margins, and the ICRU-62 report. *Radiotherapy and Oncology: Journal of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology*, 64(1), 75-83.
- The American Cancer Society. (2017). Radiation Therapy Basics. Recuperado 10 de diciembre de 2018, de <https://www.cancer.org/treatment/treatments-and-side-effects/treatment-types/radiation/basics.html>
- The American Society of Clinical Oncology. (2013, marzo 22). What to Expect When Having Radiation Therapy. Recuperado 10 de diciembre de 2018, de Cancer.Net website: <https://www.cancer.net/navigating-cancer-care/how-cancer-treated/radiation-therapy/what-expect-when-having-radiation-therapy>

- Valicenti, R. K., Michalski, J. M., Bosch, W. R., Gerber, R., Graham, M. V., Cheng, A., ... Perez, C. A. (1994). Is weekly port filming adequate for verifying patient position in modern radiation therapy? *International Journal of Radiation Oncology*Biography*Physics*, 30(2), 431-438. [https://doi.org/10.1016/0360-3016\(94\)90025-6](https://doi.org/10.1016/0360-3016(94)90025-6)
- van Herk, M. (2004). Errors and margins in radiotherapy. *Seminars in Radiation Oncology*, 14(1), 52-64. <https://doi.org/10.1053/j.semradonc.2003.10.003>
- van Herk, M., Remeijer, P., Rasch, C., y Lebesque, J. V. (2000). The probability of correct target dosage: dose-population histograms for deriving treatment margins in radiotherapy. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 47(4), 1121-1135.
- van Kranen, S., van Beek, S., Rasch, C., van Herk, M., y Sonke, J.-J. (2009). Setup uncertainties of anatomical sub-regions in head-and-neck cancer patients after offline CBCT guidance. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 73(5), 1566-1573. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2008.11.035>
- Wikipedia. (2019). Sistema de coordenadas. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_coordenadas&oldid=114134825

Anexo 3. Entrevista para dosimetristas, físicos médicos y médicos especialistas

La siguiente entrevista se realiza con el propósito de identificar los conocimientos que tienen los dosimetristas, físicos médicos y médicos especialistas en cuanto al tema de medición de incertidumbres y la verificación de los márgenes de tratamiento.

Los datos obtenidos mediante esta entrevista serán utilizados meramente con propósitos académicos, y se mantendrá el anonimato de los entrevistados.

1. ¿Podría definir brevemente el concepto de margen de configuración?
2. ¿Conoce usted las incertidumbres que se presentan a la hora de entregar un tratamiento?
3. Si es así, ¿podría mencionar un par de ejemplos?
4. ¿Considera usted que en ocasiones se presentan o se han presentado errores durante el proceso radioterapéutico?
5. ¿Se encuentra familiarizado con la procedencia de los márgenes utilizados en el servicio?
6. ¿Considera necesario medir las incertidumbres por margen de configuración que ocurren en el servicio?
7. ¿En su opinión, es importante que dichas incertidumbres y posibles errores se tomen en cuenta en la planificación del tratamiento?
8. ¿Considera necesaria la verificación de márgenes a lo largo de la entrega del tratamiento al paciente?

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo 6. Carta para permiso a la Jefatura del Servicio de RT del HSJD

San José, Costa Rica

20 de marzo del 2019

Dr. Pablo Ordoñez Sequeira

Jefatura Servicio Radioterapia

Hospital San Juan de Dios

Estimado Dr. Ordoñez,

Mi nombre es Ana Rebeca Madriz Cantillo, cédula 1-1541-0939, Bachiller en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica egresada de la Universidad de Costa Rica; escribo esta carta con el afán de solicitar permiso para llevar a cabo en su servicio el trabajo final de graduación con modalidad de proyecto: "Propuesta metodológica para la medición de la incertidumbre del margen de configuración en tratamientos del Sistema Nervioso Central utilizando un TC Simulador. Hospital San Juan de Dios, 2019." bajo la tutela y dirección de la Msc. Priscila Vargas Chavarría.

Esto con el propósito de optar por mi título de licenciada una vez finalizado el trabajo, aprovecho para mencionar que la investigación es meramente teórica y no requiere del uso de expedientes ni el trato directo con pacientes.

Gracias de antemano por su colaboración,

Ana Rebeca Madriz Cantillo

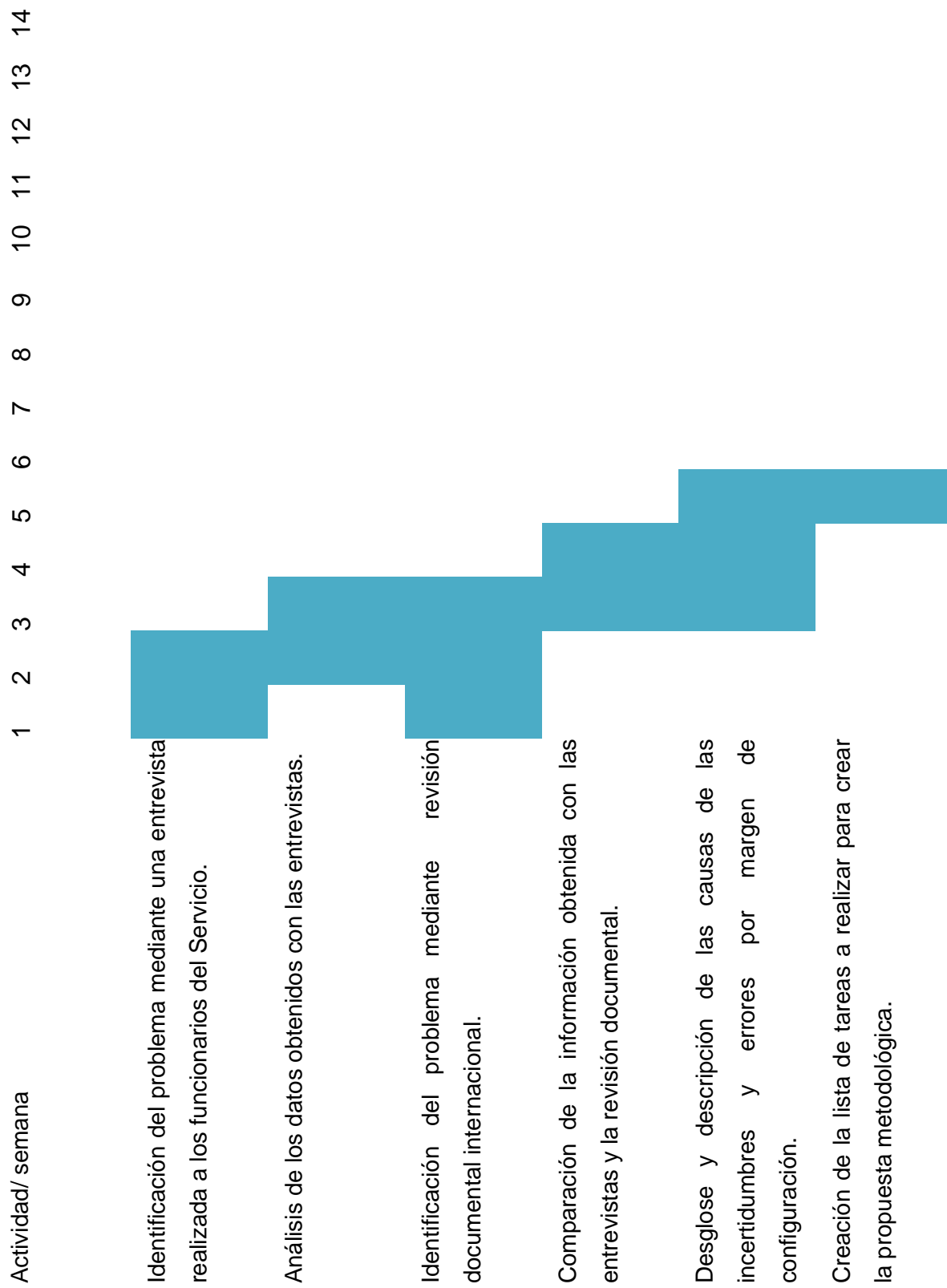
Bachiller en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica

Cédula 1-1541-0939

Código CTCR-IT-0076

Anexo 7. Permiso Jefatura Servicio de RT del HSJD

Anexo 8. Cronograma



Actividad/ semana 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Bosquejar los parámetros específicos para la recolección de datos en la guía.

Creación de la herramienta para el almacenamiento, medición y análisis de los datos.

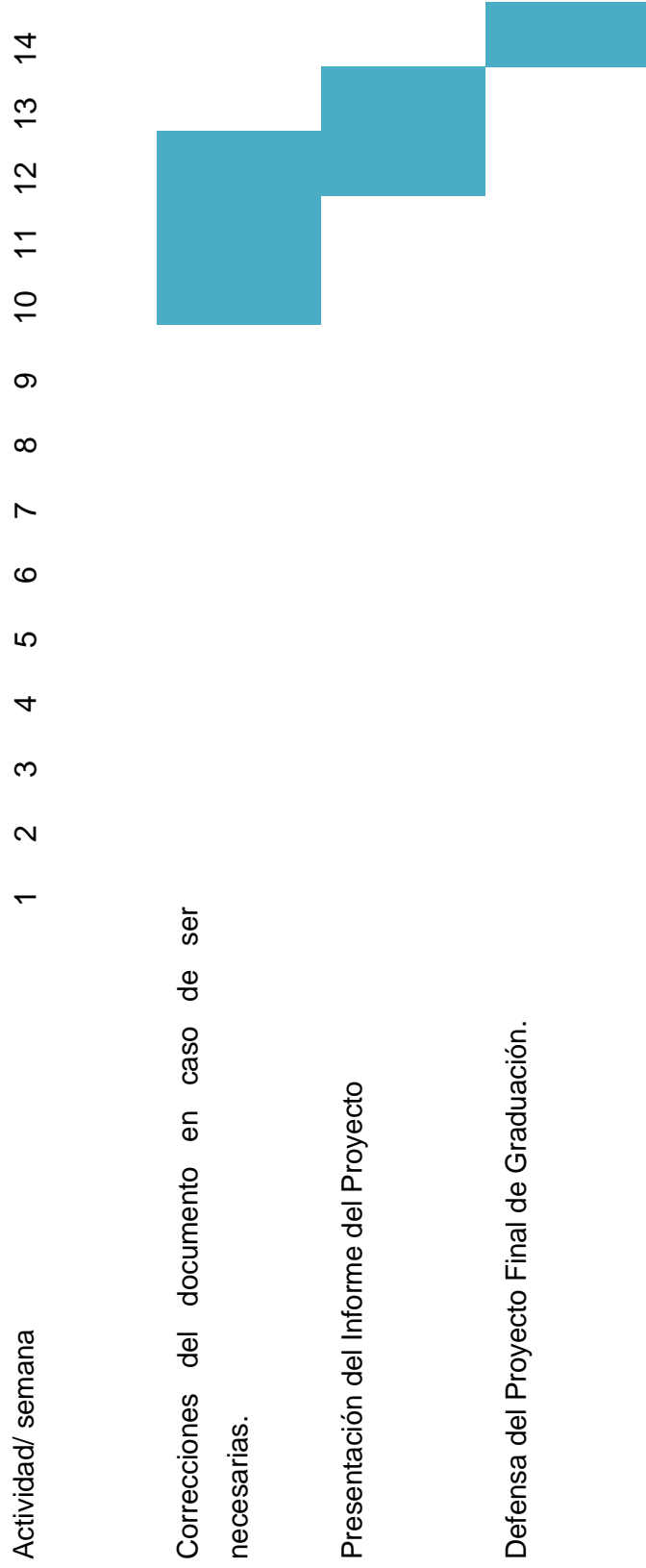
Selección de los datos que va a incluir la propuesta metodológica según el equipo y la población.

Redacción del documento final que incluye la lista de causas de los errores, la propuesta metodológica y la guía para usar la herramienta.

Redacción de las conclusiones y recomendaciones.

Revisión del documento por parte de los expertos en radioterapia.





Anexo 10. Transcripciones

Dosimetrista 1

E: Bueno, primero quiero aclarar que voy a grabar la entrevista pero no se van a mencionar nombres, entonces no se preocupe por esa parte.

D1: Ok, entendido

E: Primero, usted podría definir brevemente el concepto del margen de configuración

D1: El margen de configuración o de Set Up, es un margen de posicionamiento de los pacientes, entonces como el margen que se permite al colocarlo, es decir, la incertidumbre que se permite, las diferencias que se permiten al colocar al paciente.

E: Entonces, ¿conoce usted de incertidumbres que se presentan a la hora de entregar un tratamiento?

D1: Si claro.

E: Si es así, ¿puede mencionar por lo menos dos ocasiones?

D1: Incertidumbres de posicionamiento, bueno, una es el movimiento del paciente, digamos que usted coloque al paciente y el paciente por si solo se mueva porque no tenga una inmovilización adecuada; la otra, es que los técnicos de equipo no coloquen al paciente en la misma forma que deberían colocarlo, a como se tiene que reproducir, lo colocan diferente. Además de la del paciente y del personal está la propia, la que se va a presentar siempre, que no va a ser exactamente igual, que con el sistema de imágenes se trata de disminuir esa incertidumbre, se trata de reproducirlo lo más exacto a la simulación pero uno sabe que siempre va a haber alguna diferencia.

E: La otra es, ¿considera que se presentan o se han presentado errores durante el proceso radioterapéutico en el servicio?

D1: En esta pregunta, ¿errores de qué?

E: Es básicamente lo que usted menciona ahora, si uno está en la simulación y después en tratamiento uno si se asegura de hacerlo igual, pero digamos si llega alguien que no estuvo durante la simulación puede acomodarlo diferente, de ese tipo de errores.

D1: Si, digamos, si hablamos propiamente del sistema nervioso, si he visto que se presenta; hay uno que es muy importante, que es la máscara, si la máscara no queda bien el paciente puede moverse un poco, esto es algo que pasaba en el cobalto, y pienso yo que pasa en el acelerador, que no se por a o por b si un tumor disminuye de tamaño por la quimio o la radiación la máscara le va a quedar un poco más grande eso permite que el paciente se mueva, aunque sean poquitos pero se va poder mover y bueno de nuevo la colocación, hay personas, ahí depende, pero que si trabajan muy rápido lo colocan no exactamente como debería.

E: La siguiente pregunta es ¿se encuentra familiarizada con la procedencia de los márgenes usados en el servicio? Es decir, este margen de configuración, el CTV, los definieron en base a que o fue que el doctor según literatura se toma el margen CTV, PTV, como en base a que es que ellos toman esa decisión.

D1: Es decir, que en base a que ellos me dicen a mí que tengo ese margen de configuración.

E: Exacto, en que basan la decisión de tomar los márgenes.

D1: Ah bueno, no, todo eso está basado por ejemplo en el Organismo, todos los documentos que han hecho y todos los libros que hablan de eso y artículos, no es como que se les ocurre de repente.

E: ¿Considera necesario medir las incertidumbres por el margen de configuración en el servicio?

D1: Sería bueno, porque uno teóricamente sigue lo que le dicen y nunca se pone a ver qué diferencia habrá respecto a lo teórico con respecto a la práctica, es importante comprobar que lo que uno está haciendo es algo bien hecho.

E: En su opinión, ¿Es importante que dichas incertidumbres y posibles errores se tomen en cuenta en la planificación del tratamiento?

D1: Si. Muy puntual pero si, es importante.

E: ¿Considera necesaria la verificación de márgenes a lo largo de la entrega del tratamiento al paciente? Ya sea con el ConeBeam CT o en si con IGRT.

D1: En realidad, pienso que eso sería muy importante, porque por mas imágenes que se tengan siempre puede existir una diferencia, con imágenes siempre va a existir aunque sea mínima, por mejora del Servicio, del paciente para darle un tratamiento más exacto, porque digamos el tratamiento de un paciente puede cambiar mucho del inicio al final y el tratamiento que se entrega se basa en la simulación y hay muchos factores que pueden influir, entonces de repente sería bueno hacer una medición, no sé, a mitad del tratamiento para ver qué tan exacto termina, que se podría modificar para ir mejorando.

E: Buenos muchas gracias por su tiempo.

D1: Claro, con gusto.

Dosimetrista 2

E: La entrevista es para un proyecto, realmente no es una tesis, y el propósito es básicamente medir que tanto conocimiento tiene el personal sobre el tema de las incertidumbres. ¿Empezamos?

D2: De acuerdo, empecemos.

E: Bueno, primero, si pudiera definir el concepto de margen de configuración.

D2: Ah bueno, es el margen de incertidumbre que se tiene cuando, bueno, es una sumatoria, cuando se va a tratar al paciente, que se tiene con el posicionamiento, el tipo de inmovilizador, el movimiento interno de los órganos; es una sumatoria de todas las incertidumbres que uno tiene entre fase y fase.

E: Ok, sí. Bueno me gustaría saber si conoce de incertidumbres que se han presentado o se presentan durante el tratamiento.

D2: Sí, bueno en el servicio tuvimos unas que reconocimos que fue cuando se cambió de proveedor de máscaras y se traen unas marca "Clarity" de China y se notaba que nos aumentó un montón la incertidumbre con los cráneos, entonces se le informó al proveedor y nos cambió las máscaras por unas de mayor grosor. Anterior a eso, cuando empezamos a hacer 3D la camilla del TC de rayos X que nos prestaban es una camilla diagnóstica, lo que hicieron fue hacer una tabla recta de madera para que nosotros hiciéramos los TACs pero claramente había mucha incertidumbre.

E: Bueno si, la otra pregunta era que mencionara ejemplos entonces ya eso está cubierto, seguimos con la otra. ¿Considera que se han presentado errores durante el proceso radioterapéutico?

D2: Errores... Sí claro. Como le digo cuando usábamos esa camilla erramos más tranquilos y además física siempre ha asumido ese tipo de incertidumbres, se era más perdonador incluso cuando estábamos con cobalto.

E: Y en cuanto a los márgenes que se usan, el margen de configuración, el PTV, el CTV, y todos esos, más o menos usted sabe de dónde es que surgen.

D2: Sí, a ver, esos márgenes física los ha definido, como de literatura, pero que yo sepa nunca los han medido, por ejemplo el México que yo sepa nunca se ha medido y el San Juan de Dios tampoco los ha medido.

E: Perfecto, eso no lleva a la siguiente pregunta, si considera necesario medir las incertidumbres que ocurren por margen de configuración, digamos, tener por escrito o tabulado estas mediciones.

D2: Sí, si claro. Porque nos podemos dar cuenta o que nos estamos quedando muy cortos con estos márgenes que sumimos o todo lo contrario que estamos siento muy holgados y podríamos ser más estrictos y al final todo esto repercute en los órganos de riesgo de verdad, que tal vez estamos irradiando de más y tal vez tenemos una incertidumbre más baja.

E: Excelente, esto de nuevo nos lleva directo a la siguiente pregunta, ¿si considera importante que estas incertidumbres y errores se tomen en cuenta a la hora de escoger los márgenes o definir los márgenes para cada paciente?

D2: Eh sí, por supuesto, porque es muy dependiente, por ejemplo la caja no siempre le compra a los mismos proveedores, no utiliza los mismo equipos, entonces nosotros hacemos muchas combinaciones de la literatura de alguien que uso un ambiente muy controlado, entonces no es tan fiel como uno quisiera, cada servicio debería medirlo y utilizarlo, tener un margen real con los resultados de las mediciones que hizo.

E: Y bueno, ya la última pregunta es, ¿considera necesaria la verificación de márgenes usando imágenes a lo largo de la entrega del tratamiento al paciente? En este caso sería usando el TC.

D2: Sí claro, entre más imágenes uno tenga acceso mejora la entrega del tratamiento, solo que eso quita tiempo, eso es lo ideal, de hecho los equipos nuevos trabajan con esta modalidad de IGRT, el problema es la dosis que esto entrega que el sistema de

planificación muchas veces el sistema de planificación no la asume, o sea lo que usted vio en la planificación ya no es lo que usted vio, si usted adquiere imágenes y ojala en el caso del VMAT que son arcos de fluroscopía, sigue siendo una dosis baja pero es considerable, mas dependiendo de la zona, digamos por ejemplo en cráneo si se irradia todos los días el cristalino sería bueno contemplarlo.

E: Bueno, sería eso, muchísimas gracias.

Médico especialista 2

E: Listo, primero, quería aclarar que estoy haciendo todo anónimo, pongo medico 1, medico 2 y así. No sé si recuerda más o menos en que consiste mi proyecto o quiere que le explique.

M2: No, no me acuerdo.

E: La propuesta consiste hacer una metodología, que es una guía y una herramienta en Excel para que usando imágenes del TAC se pueda ir midiendo las incertidumbres al tratar el SNC, ¿empezamos entonces?

M2: Sí

E: Primero, ¿Podría definir brevemente el concepto de margen de configuración?

M2: Bueno, mi concepto es el margen que se debe de dejar dependiendo de la experiencia que tiene cada centro en el posicionamiento de sus pacientes.

E: Y, bueno en cuanto a incertidumbres que se presentan a la hora de entregar el tratamiento, si conoce algunas y si podría darme algunos ejemplos.

M2: Ejemplos, bueno, hay incertidumbres en cuanto variabilidad de las mesas, del equipo en sí, de los láseres, puede ser incertidumbres en cuanto a la movilidad del paciente, hay incertidumbres incluso hasta en el mismo giro del gantry, puede haber una variación ahí, esas son las que me recuerdo ahorita.

E: La cuarta pregunta es básicamente lo mismo, si usted ha visto que se presenten este tipo de errores e incertidumbres.

M2: Sí, y ya los ejemplos los di.

E: La siguiente pregunta, bueno me imagino que usted ya sabe la respuesta, es si sabe de donde provienen los márgenes que se usan a la hora de la planificación, digamos en base a que se define el margen Set Up, el CTV y así.

M2: Sí, se han utilizado protocolos internacionales para establecer los márgenes.

E: En cuanto a las incertidumbres, ¿Considera necesario medir las incertidumbres por margen de configuración que ocurren en el servicio?

M2: Claro, si nosotros medimos incertidumbres sabemos exactamente que margen requerimos colocar para nuestro centro.

E: Siguiendo la pregunta, ¿en su opinión, es importante que dichas incertidumbres y posibles errores se incluyan en la planificación del tratamiento?

M2: Claro, para poder corregir lo que pueda estar fallando, por ejemplo, una incertidumbre que se puede prevenir, si no está bien protocolizado, es el llenado de vejiga, que un día este llena y otro no, si esto no está estandarizado puede ser una fuente de error; o los mantenimientos del equipo, del láser del equipo, si no estuviera establecido un control de calidad, que en este servicio si esta, pero si no estuviera, puede ser otra fuente de error, habría que corregirlo.

E: Bueno, ya la última pregunta. ¿Considera necesaria la verificación de márgenes a lo largo de la entrega del tratamiento al paciente? En este caso sería usando el TAC.

M2: Durante el tratamiento, ¿es diario o a lo largo?

E: A lo largo, digamos podría ser todos los días o una vez a la semana.

M2: Ah sí claro, eso es importantísimo, la verificación de márgenes a lo largo de la entrega del tratamiento, honestamente, depende de la técnica también y de los centros, hay tratamientos digamos el del VMAT se recomienda diaria.

E: Bueno si, sería eso. Muchísimas gracias

M2: ¿Sería eso? Ah bueno, ok, excelente.

Médico especialista 1

E: Primeramente, solo quiero recalcar que la entrevista es anónima, que son preguntas muy básicas para saber que tanto se sabe del tema. Bueno, la primera es: ¿Podría definir brevemente el concepto de margen de configuración?

M1: La definición de margen de configuración, que bueno tiene que ver con el posicionamiento tiene que ver con definir el volumen para calcular la variabilidad que va a tener el paciente a la hora de colocar al paciente en el equipo de tratamiento.

E: Y, ¿Conoce usted de alguna incertidumbres que se pueden presentar a la hora de entregar un tratamiento?

M1: A ver, digamos, dentro de las incertidumbres esta que el paciente se mueva durante el tratamiento, obviamente las variaciones que puede tener el paciente durante la entrega del tratamiento que puede ser por movimientos respiratorios o intestinales y bueno, cambios a la hora de colocar al paciente, dependiendo del inmovilizador el paciente puede tener cierta libertad para moverse.

E: Excelente, bueno eso es realmente la tercera y la cuarta pregunta, que son similares si usted ha presenciado o ha visto este tipo de errores.

M1: Ah bueno, si claro. Digamos en pacientes específicamente de cabeza y cuello que tienen pérdida de peso importante si se ha visto cambios en la inmovilización del paciente y el posicionamiento.

E: La siguiente pregunta es algo que usted si lo sabe pero bueno es, si se encuentra familiarizado con la procedencia de los márgenes de tratamiento, digamos, en base a que se decide cada margen.

M1: Aja, digamos en este caso la procedencia de cuanto margen va a tener está definido por estudios internacionales no estudios nacionales, según la bibliografía internacional, por ejemplo el libro de Nancy Lee, pero digamos no existe un margen a nivel nacional para saber cuánto es la variación que va a haber.

E: Bueno, eso nos conlleva a la siguiente pregunta: ¿usted considera que es necesario medir las incertidumbres por margen de configuración que ocurren en el servicio? Y seguidamente si considera que si son medidas es necesario incorporarlas a la planificación del tratamiento.

M1: Por supuesto. Es necesario conocer cuánto va a variar, cuánto van a ser las incertidumbres y cuanto de esa variación para poder optimizar los tratamientos y poder incidir en mejoras para el tratamiento para el paciente ya sea irradiar menos tejido sano y optimizar la entrega de dosis en el tejido enfermo que se va a irradiar. Obviamente si se obtienen esas incertidumbres lo ideal sería implementarlo en las guías de tratamiento.

E: Ok, y bueno ya con la última pregunta, sería saber si considera necesaria la verificación de márgenes usando imágenes a lo largo de la entrega del tratamiento al paciente.

M1: Esa definitivamente, es también que sí, porque vamos a garantizar mejor calidad del tratamiento y vamos a aumentar la seguridad para el paciente.

E: Bueno, sería eso. Muchas gracias.

M1: Con gusto.

Físico Medico 1

E: Bueno, ya vamos a empezar. La entrevista va a ser anónima y se va a usar solo para este trabajo, es básicamente para medir el conocimiento de las personas encargadas de la planificación, son conceptos muy básicos que tiene que ver con el proyecto. Primero, no sé si usted podría definirme el concepto de margen de configuración.

FM1: Sí, bueno, el concepto de margen Set Up o de configuración, es aquel margen adicional o se puede ver también como un margen que es parte del margen del PTV, es un margen que corresponde específicamente al error de posicionamiento, tiene que ver con el tipo de inmovilización, y por lo tanto el tipo de inmovilización depende del tipo de patología, por ejemplo hay inmovilizadores que son más móviles que otros; esa pequeña diferencia en el posicionamiento tiene que estar incluido en el posicionamiento porque todos los días se tiene que reproducir esa posición.

E: Ok, bueno la siguiente pregunta es: ¿conoce usted las incertidumbres que se presentan a la hora de entregar un tratamiento?

FM1: Mmm... incertidumbres de que tipo se refiere ahí en la pregunta.

E: Las incertidumbres serían movimientos, incertidumbres propias de cada equipo y así.

FM1: Ah bueno si, las incertidumbres, bueno, el equipo de entrega de tratamiento tiene sus incertidumbres, la toma de imágenes tiene y las propias del paciente, ¿a eso se refiere?

E: Si, correcto incertidumbres en general.

FM1: Que tienen que ver con la reproducibilidad de la posición entonces, porque existe incertidumbres en la dosis y demás, todo el proceso de radioterapia tiene un montón de incertidumbres pero hay una sección que es esto, error de posicionamiento o movimiento, están por la inmovilización, porque el órgano se mueve. Entonces a ver

incertidumbres que tengan que ver con la posición del paciente está por ejemplo la reproducibilidad, el que no es el mismo técnico el que la trata siempre, entonces si el paciente no está bien marcado aumenta o mete una variable en la incertidumbre. De igual manera, si la naturaleza de la posición es incomoda va a costar más posicionarlo, hay incertidumbres en la adquisición de las imágenes y la técnica que se usa para adquirir las imágenes. ¿Vamos con la 3?

E: Sí, bueno la tres y la dos están correlacionadas entonces ya la contesto, era mencionar ejemplos de las incertidumbres, la cuatro es si considera usted que en ocasiones se presentan o se han presentado errores, con errores me refiero a errores de posicionamiento, durante el proceso radioterapéutico.

FM1: Eh, sí; bueno errores depende de cómo uno lo vea cuando se presenta un error muy grande, muy macro, se corrige de una, no se le da el tratamiento así, y bueno para esta pregunta las imágenes son muy importantes porque le ayuden a usted a detectar errores y poder corregirlos, si usted no tiene esas imágenes esos errores podrían aumentar, cuando se hacía a ciegas con solo las marcas se podía incurrir en errores tal vez no fácilmente pero si era más probable; ahora con las imágenes uno puede decir más fácilmente “mirá estoy en la mama derecha y es la izquierda”.

E: Si entiendo, bueno, ahora me gustaría saber si se encuentra familiarizada con la procedencia de los márgenes usados, digamos el margen de configuración, el PTV, el CTV, digamos, de donde es que los doctores los sacan.

FM1: Sí, de los protocolos, digamos, hay protocolos, guías que usan los doctores; digamos ellos pintan CTV y automáticamente generan 5mm de margen del PTV, esto ya está establecido más no está medido.

E: Ah ok, y bueno, la siguiente pregunta es: ¿considera necesario medir las incertidumbres por set up que ocurren en el servicio?

FM1: Sí, porque muchas veces confiamos en lo que nos dicen los fabricantes, por ejemplo que una máscara tiene una incertidumbre de 1.5mm y bueno uno se pregunta ¿eso está incluido en su margen? ¿Está incluido en su PTV? No lo sé. A veces siento

que lo hacemos todo como utilizando una receta de cocina, solo decimos es tanto, es tanto, es tanto, y no hemos medido quien quita que no necesite más, a veces muy empíricamente decimos “ay ese paciente se va a mover mucho mejor no lo dejo tan pegado” pero realmente eso es un instintivo.

E: Sí, digamos no está escrito o definido. Bueno, en su opinión, ¿es importante que dichas incertidumbres y posibles errores se tomen en cuenta en la planificación del tratamiento? Las incertidumbres específicas de cada servicio.

FM1: Sí obvio, me parece que la planificación podría ser aún más personalizada y adaptada a la realidad de cada servicio y por lo tanto de cada paciente y muy a la forma de trabajar; digamos si son servicios como los nuestros que es paciente tras paciente usted necesita que los márgenes sean prácticos y seguros antes de entregar la dosis con radiación.

E: Y por último, ¿considera necesaria la verificación de márgenes a lo largo de la entrega del tratamiento al paciente?

FM1: Es importante verificar con imágenes a lo largo del tiempo, que el PTV se mantenga igual, que le estoy dando la radiación al mismo lugar, que eso pues tiene que ver con los márgenes, digamos no se vale marcar solo el primer día y listo para ver que efectivamente mi tamaño campo coincide con mi PTV siempre.

E: Bueno, eso sería todo. Muchas gracias.

FM1: Claro, con mucho gusto.

Físico Medico 2

E: Bueno, primeramente quería hacerle saber que la entrevista va a ser grabada y se va a mantener el anonimato; como le estaba comentando lo mío es proyecto no tesis entonces lleva una etapa diagnostica y parte de la etapa diagnostica es hacer unas entrevistas a físicos, dosimetristas y médicos especialistas para ver que tanto conocimiento hay en torno al tema de incertidumbres. Bueno, la primera pregunta es: ¿Si usted podría definir el concepto de margen de configuración?

FM2: ¿De forma general?

E: Sí

FM2: Bueno, yo lo definiría como un rango de valores que usted utiliza a la hora de hacer un examen, usted dice: bueno voy a medir dentro de este margen, usted establece sus límites de medición, los define y empieza a hacer su medida.

E: Ok, y en cuanto a incertidumbres que se presenten a la hora de entregar el tratamiento, ¿si usted ha visto y si me podría dar ejemplos? O si no ha visto, si fuera el caso.

FM2: Si, bueno, la pregunta es muy general porque aquí lo que me pregunta es si conoce uno las incertidumbres que se presentan a la hora de entregar un tratamiento, yo entiendo la pregunta en el sentido de ya tener al paciente ahí ya acostado en la camilla, ya va a recibir el tratamiento de radioterapia y si yo conozco que incertidumbres están involucradas ahí. Entonces bueno, yo lo que puedo decir es que hay muchas incertidumbres, muchas que uno maneja como físico, bueno yo soy físico, y muchas que uno no maneja, por ejemplo cuando estamos con el paciente posicionado sabemos la incertidumbre en la tasa de dosis que vamos a entregar, la tenemos cuantificada; pero incertidumbres por ejemplo a la hora ya de desplazar al paciente, medir las distancias fuente-piel, si hay incertidumbres, nosotros sabemos que comparamos con el dato que nos da el planificador y no siempre lo que uno mide coincide con lo que el planificador indica pero no tenemos un margen definido de lo que

es aceptable o no, a veces es por ojo clínico nada más. Aparte ya saliéndome del tema de radioterapia hablando de otras áreas como el TAC que es lo que ustedes manejan ya no conozco cuales son las incertidumbres.

E: Ah sí, entendido; bueno pasando a la siguiente pregunta con errores e incertidumbres, igual me refiero a durante el proceso radioterapéutico, empezando desde que se hace la simulación, se desplaza al paciente y cuando ya se le va a entregar el tratamiento, las diferentes variaciones o cosas que pueden suceder en todo ese trayecto.

FM2: ¿Cuál pregunta sería esa?

E: La 4, donde con error realmente me refiero a posicionamiento.

FM2: Sí, durante el proceso radioterapéutico, como es un proceso que tiene diferentes fases tiene que haber errores o incertidumbres, uno trata de evitar los errores pero por ejemplo a la hora de hacer el TAC que digamos es donde empezaría la fase de medición, en realidad no empieza ahí, empieza tal vez con los exámenes de sangre, una biopsia por ejemplo, y le llega a usted el resultado y ahí viene alguna incertidumbre; pero bueno ya a la hora de medir, el paciente llega en un cierto estado, se le colocan los BBs, se hacen las mediciones y hay incertidumbres porque el paciente esta con dolor o está muy nervioso y luego pasa a la siguiente etapa de planificación de definir los contorneos de los órganos de riesgo o los volúmenes tumorales y ahí hay también incertidumbre porque no todos los médicos pintan lo mismo y aparte de eso luego hay que llevar al paciente y posicionarlo en el equipo para que reciba el tratamiento, cada día hay que posicionarlo en las mismas marcas, pero los técnicos no son los mismos, los movimientos del paciente entonces si ahí hay incertidumbres. Todo eso son incertidumbres por lo menos desde la parte de TAC hasta la entrega del tratamiento. Y no menciono lo que sucede antes porque no tenemos control sobre esas.

E: Si no, la idea es medir justo esas, sobre las que nosotros tenemos control, las que podemos medir.

FM2: Exacto, entonces sí, eso es lo que yo podría decir en cuanto a esa pregunta.

E: Y bueno, ya hablando de márgenes, los márgenes volumétricos que usan los doctores, maso menos usted sabe de dónde es que los doctores deciden, por ejemplo: “este PTV lo voy a poner de tanto, este CTV va a ser así”.

FM2: No, realmente yo así como que muy familiarizado no estoy con la parte médica, es decir ellos deciden sus PTVs, a ver examinan al paciente, cada paciente es diferente con su patología particular, entonces el medico tiene que definirlo y adecuar a cada paciente peor yo no estoy familiarizado con los márgenes que usan ellos, entiendo que tienen que adaptarse a cada paciente pero los protocolos que utilizan yo no los manejo.

E: Sí, digamos, quería saber si sabía de dónde venían, digamos ellos de donde sacan la información para definirlos porque eso tiene que ver con la siguiente pregunta que es: ¿Si usted considera que es necesario medir las incertidumbres por set up que ocurren en el Servicio?

FM2: Si no, esa pregunta es muy importante, yo pienso que si hay que medirlas, hay que identificar donde se pueden medir y medirlas, eso es indiscutible, lo que yo conozco que es la parte física, es necesario tener una idea en que rango nos movemos.

E: En cuanto a esto mismo me gustaría saber si usted considera es importante que dichas incertidumbres y posibles errores se tomen en cuenta en la planificación del tratamiento.

FM2: Sí, hay que tomarlas en cuenta, eso es indiscutible, uno trata de dar el tratamiento de la mejor manera posible y tiene que ser lo más reproducible posible de día a día y tener idea de que factores o incertidumbres influyen en lo que uno está haciendo, no siempre es fácil pero si hay que hacerlo.

E: Y bueno, ya la última pregunta, está redactada un poco raro pero es si considera necesaria la verificación de márgenes, en este caso el margen de configuración p el posicionamiento usando imágenes a lo largo de la entrega del tratamiento; es decir, el uso de la imágenes para verificar el posicionamiento de los pacientes.

FM2: Bueno, eso sí, usar imágenes que es lo que se hace rutinariamente para verificar el posicionamiento. Lo que no me queda claro es digamos lo que yo quiero es tomar una imagen y compararlo con la imagen inicial, ¿o?

E: Sí, exacto, sería tomar imágenes cada cierto tiempo y compararlas con las que se obtuvieron el día de la simulación.

FM2: Ah sí, claro eso es muy importante, hay que hacerlo, es la única manera de saber si el paciente está quedando bien, si su anatomía cambió y si es necesario replanificarlo o resimularlo.

E: Bueno, sería eso, muchísimas gracias.

FM2: Ay súper corta, no a usted mas bien.

Anexo 11. Encuesta evaluación del proyecto

La siguiente encuesta es realizada por la estudiante de la Universidad de Costa Rica como parte del Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica titulado:

“Propuesta metodológica para la medición de la incertidumbre del margen de configuración en tratamientos del sistema nervioso central utilizando un TC Simulador. Hospital San Juan de Dios, 2019.”

La siguiente encuesta se realiza con el objetivo de que los datos obtenidos sean usados meramente para propósitos académicos.

El propósito de este documento es evaluar de manera objetiva la propuesta metodológica y su utilidad.

Esta consta de una serie de preguntas dicotómicas que se responden marcando con una X en el paréntesis, Sí o No, según su respuesta.

Nombre: _____

Profesión: _____

Edad: _____

Años de experiencia: _____

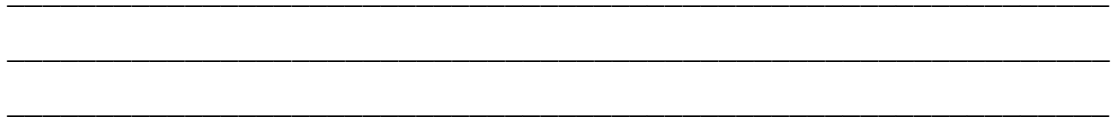
En base a su experiencia en radioterapia y su opinión con respecto a la propuesta creada para el servicio de RT del HSJD, se le presenta las siguientes preguntas:

1. Con una calificación del 1 al 5, 1 siendo, muy mal y 5 siendo excelente ¿cómo califica la presentación del proyecto?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

2. Usando la misma escala del 1 al 5, ¿Cómo califica usted la metodología propuesta?
 1 2 3 4 5
3. ¿Está usted de acuerdo con las causas de incertidumbre mencionadas en la presentación?
 Sí No
4. ¿La metodología propuesta es de fácil comprensión para ser aplicada en el servicio de RT?
 Sí No
5. ¿Considera que los parámetros sugeridos para la adquisición de las imágenes son adecuados para la medición de las incertidumbres?
 Sí No
6. ¿La metodología propuesta se acopla a la realidad del servicio, en cuanto a los insumos y personal necesarios?
 Sí No
7. ¿Considera que lo propuesto se adapta a la realidad de la Caja Costarricense del Seguro Social?
 Sí No
8. ¿Recomendaría la adaptación del proyecto a las demás zonas de tratamiento?
 Sí No
9. ¿Recomendaría el uso de esta herramienta y su guía en los demás servicios de radioterapia de la Caja Costarricense del Seguro Social?
 Sí No

10. Observaciones:



Fuente: Diseño propio para efectos del proyecto realizado, 2019.

Anexo 12. Encuestas

La siguiente encuesta es realizada por la estudiante de la Universidad de Costa Rica como parte del Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica titulado:

“Propuesta metodológica para la medición de la incertidumbre del margen de configuración en tratamientos del sistema nervioso central utilizando un TC Simulador. Hospital San Juan de Dios, 2019.”

La siguiente encuesta se realiza con el objetivo de que los datos obtenidos sean usados meramente para propósitos académicos.

El propósito de este documento es evaluar de manera objetiva la propuesta metodológica y su utilidad.

Nombre: Beatriz Barrionuevo Morales

Profesión: Especialista Oncología Radioterápica

Edad: 38

Años de experiencia: 11 años

En base a su experiencia en radioterapia y su opinión con respecto a la propuesta creada para el servicio de RT del HSJD, se le presenta las siguientes preguntas:

1. Con una calificación del 1 al 5, 1 siendo, muy mal y 5 siendo excelente ¿cómo califica la presentación del proyecto?
() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
2. Usando la misma escala del 1 al 5, ¿Cómo califica usted la metodología propuesta?
() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
3. ¿Está usted de acuerdo con las causas de incertidumbre mencionadas en la presentación?
() Sí () No

4. ¿La metodología propuesta es de fácil comprensión para ser aplicada en el servicio de RT?
() Sí () No
5. ¿Considera que los parámetros sugeridos para la adquisición de las imágenes son adecuados para la medición de las incertidumbres?
() Sí () No
6. ¿La metodología propuesta se acopla a la realidad del servicio, en cuanto a los insumos y personal necesarios?
() Sí () No
7. ¿Considera que lo propuesto se adapta a la realidad de la Caja Costarricense del Seguro Social?
() Sí () No
8. ¿Recomendaría la adaptación del proyecto a las demás zonas de tratamiento?
() Sí () No
9. ¿Recomendaría el uso de esta herramienta y su guía en los demás servicios de radioterapia de la Caja Costarricense del Seguro Social?
() Sí () No

10. Observaciones:

Fuente: Diseño propio para efectos del proyecto realizado, 2019.

La siguiente encuesta es realizada por la estudiante de la Universidad de Costa Rica como parte del Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica titulado:

“Propuesta metodológica para la medición de la incertidumbre del margen de configuración en tratamientos del sistema nervioso central utilizando un TC Simulador. Hospital San Juan de Dios, 2019.”

La siguiente encuesta se realiza con el objetivo de que los datos obtenidos sean usados meramente para propósitos académicos.

El propósito de este documento es evaluar de manera objetiva la propuesta metodológica y su utilidad.

Nombre: Kenneth Artavia Araya

Profesión: Dosimetrista

Edad: 35 años

Años de experiencia: 9

En base a su experiencia en radioterapia y su opinión con respecto a la propuesta creada para el servicio de RT del HSJD, se le presenta las siguientes preguntas:

1. Con una calificación del 1 al 5, 1 siendo, muy mal y 5 siendo excelente ¿cómo califica la presentación del proyecto?
() 1 () 2 () 3 () 4 (X) 5
2. Usando la misma escala del 1 al 5, ¿Cómo califica usted la metodología propuesta?
() 1 () 2 () 3 (X) 4 () 5
3. ¿Está usted de acuerdo con las causas de incertidumbre mencionadas en la presentación?
() Sí (X) No

4. ¿La metodología propuesta es de fácil comprensión para ser aplicada en el servicio de RT?

Sí () No

5. ¿Considera que los parámetros sugeridos para la adquisición de las imágenes son adecuados para la medición de las incertidumbres?

Sí () No

6. ¿La metodología propuesta se acopla a la realidad del servicio, en cuanto a los insumos y personal necesarios?

Sí () No

7. ¿Considera que lo propuesto se adapta a la realidad de la Caja Costarricense del Seguro Social?

Sí () No

8. ¿Recomendaría la adaptación del proyecto a las demás zonas de tratamiento?

Sí () No

9. ¿Recomendaría el uso de esta herramienta y su guía en los demás servicios de radioterapia de la Caja Costarricense del Seguro Social?

Sí () No

10. Observaciones:

Fuente: Diseño propio para efectos del proyecto realizado, 2019.

-

La siguiente encuesta es realizada por la estudiante de la Universidad de Costa Rica como parte del Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica titulado:

“Propuesta metodológica para la medición de la incertidumbre del margen de configuración en tratamientos del sistema nervioso central utilizando un TC Simulador. Hospital San Juan de Dios, 2019.”

La siguiente encuesta se realiza con el objetivo de que los datos obtenidos sean usados meramente para propósitos académicos.

El propósito de este documento es evaluar de manera objetiva la propuesta metodológica y su utilidad.

Nombre: Diana Durán Castro

Profesión: Imagenóloga

Edad: 28a

Años de experiencia: 3a

En base a su experiencia en radioterapia y su opinión con respecto a la propuesta creada para el servicio de RT del HSJD, se le presenta las siguientes preguntas:

1. Con una calificación del 1 al 5, 1 siendo, muy mal y 5 siendo excelente ¿cómo califica la presentación del proyecto?
() 1 () 2 () 3 (X) 4 () 5
2. Usando la misma escala del 1 al 5, ¿Cómo califica usted la metodología propuesta?
() 1 () 2 () 3 () 4 (X) 5
3. ¿Está usted de acuerdo con las causas de incertidumbre mencionadas en la presentación?
(X) Sí () No

4. ¿La metodología propuesta es de fácil comprensión para ser aplicada en el servicio de RT?
(X) Sí () No
5. ¿Considera que los parámetros sugeridos para la adquisición de las imágenes son adecuados para la medición de las incertidumbres?
(X) Sí () No
6. ¿La metodología propuesta se acopla a la realidad del servicio, en cuanto a los insumos y personal necesarios?
(X) Sí () No
7. ¿Considera que lo propuesto se adapta a la realidad de la Caja Costarricense del Seguro Social?
(X) Sí () No
8. ¿Recomendaría la adaptación del proyecto a las demás zonas de tratamiento?
(X) Sí () No
9. ¿Recomendaría el uso de esta herramienta y su guía en los demás servicios de radioterapia de la Caja Costarricense del Seguro Social?
(X) Sí () No

10. Observaciones:

Fuente: Diseño propio para efectos del proyecto realizado, 2019.

La siguiente encuesta es realizada por la estudiante de la Universidad de Costa Rica como parte del Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica titulado:

“Propuesta metodológica para la medición de la incertidumbre del margen de configuración en tratamientos del sistema nervioso central utilizando un TC Simulador. Hospital San Juan de Dios, 2019.”

La siguiente encuesta se realiza con el objetivo de que los datos obtenidos sean usados meramente para propósitos académicos.

El propósito de este documento es evaluar de manera objetiva la propuesta metodológica y su utilidad.

Nombre: Jorge E. Rojas R.

Profesión: físico

Edad: 62

Años de experiencia: 20

En base a su experiencia en radioterapia y su opinión con respecto a la propuesta creada para el servicio de RT del HSJD, se le presenta las siguientes preguntas:

1. Con una calificación del 1 al 5, 1 siendo, muy mal y 5 siendo excelente ¿cómo califica la presentación del proyecto?
() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
2. Usando la misma escala del 1 al 5, ¿Cómo califica usted la metodología propuesta?
() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
3. ¿Está usted de acuerdo con las causas de incertidumbre mencionadas en la presentación?
() Sí () No

4. ¿La metodología propuesta es de fácil comprensión para ser aplicada en el servicio de RT?
(✓) Sí () No
5. ¿Considera que los parámetros sugeridos para la adquisición de las imágenes son adecuados para la medición de las incertidumbres?
(✓) Sí () No
6. ¿La metodología propuesta se acopla a la realidad del servicio, en cuanto a los insumos y personal necesarios?
(✓) Sí () No
7. ¿Considera que lo propuesto se adapta a la realidad de la Caja Costarricense del Seguro Social?
(✓) Sí () No
8. ¿Recomendaría la adaptación del proyecto a las demás zonas de tratamiento?
(✓) Sí () No
9. ¿Recomendaría el uso de esta herramienta y su guía en los demás servicios de radioterapia de la Caja Costarricense del Seguro Social?
(✓) Sí () No

10. Observaciones:

La presentación debe reforzar algunos aspectos.

Fuente: Diseño propio para efectos del proyecto realizado, 2019.

La siguiente encuesta es realizada por la estudiante de la Universidad de Costa Rica como parte del Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica titulado:

“Propuesta metodológica para la medición de la incertidumbre del margen de configuración en tratamientos del sistema nervioso central utilizando un TC Simulador. Hospital San Juan de Dios, 2019.”

La siguiente encuesta se realiza con el objetivo de que los datos obtenidos sean usados meramente para propósitos académicos.

El propósito de este documento es evaluar de manera objetiva la propuesta metodológica y su utilidad.

Nombre: Pablo Ordóñez Segura

Profesión: Médico Oncólogo

Edad: 48

Años de experiencia: 14

En base a su experiencia en radioterapia y su opinión con respecto a la propuesta creada para el servicio de RT del HSJD, se le presenta las siguientes preguntas:

1. Con una calificación del 1 al 5, 1 siendo, muy mal y 5 siendo excelente ¿cómo califica la presentación del proyecto?
() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
2. Usando la misma escala del 1 al 5, ¿Cómo califica usted la metodología propuesta?
() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
3. ¿Está usted de acuerdo con las causas de incertidumbre mencionadas en la presentación?
() Sí () No

4. ¿La metodología propuesta es de fácil comprensión para ser aplicada en el servicio de RT?

Sí () No

5. ¿Considera que los parámetros sugeridos para la adquisición de las imágenes son adecuados para la medición de las incertidumbres?

Sí () No

6. ¿La metodología propuesta se acopla a la realidad del servicio, en cuanto a los insumos y personal necesarios?

Sí () No

7. ¿Considera que lo propuesto se adapta a la realidad de la Caja Costarricense del Seguro Social?

Sí () No

8. ¿Recomendaría la adaptación del proyecto a las demás zonas de tratamiento?

Sí () No

9. ¿Recomendaría el uso de esta herramienta y su guía en los demás servicios de radioterapia de la Caja Costarricense del Seguro Social?

() Sí No

10. Observaciones:

En relación a la metodología de la pregunta 9, lo optimo es centrarse con centros en los que se utilice esta herramienta

Fuente: Diseño propio para efectos del proyecto realizado, 2019.