

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD  
LICENCIATURA EN RADIOLOGIA E IMÁGENES



**INFORME FINAL DE SEMINARIO DE GRADO**

**PROTOCOLO DE LA RADIOCIRUGÍA ESTEREOTÁXICA CRANEAL CON ACELERADOR LINEAL Y GAMMA KNIFE EN PACIENTES CON PATOLOGIAS CEREBRALES EN EL HOSPITAL MEDICO QUIRURGICO Y ONCOLOGICO DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL Y EL CENTRO INTERNACIONAL DE CÁNCER EN EL PERIODO DE FEBRERO A AGOSTO DE 2022.**

**PRESENTADO POR**

**OLIVO IPIÑA, GUILLERMO ERNESTO  
REGALADO MEJÍA, SALMA NATALY**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**LICENCIATURA EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES**

**ASESORA:**

**LICDA. TERESA DE LOS ANGELES REYES PAREDES**

Ciudad universitaria “Dr. Fabio Castillo Figueroa”, El Salvador diciembre 2022.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD**

**Rector**

MsC. Roger Armando Arias

**Vicerrector Académico**

PhD. Raúl Ernesto Azcúnaga

**Vicerrector Administrativo**

Ing. Juan Rosa Quintanilla

**Secretario General**

Ing. Francisco Antonio Alarcón

**AUTORIDADES DE LA FACULTAD**

**Decana**

MsC. Josefina Sibrían de Rodríguez

**Vicedecano**

Dr. Saul Diaz Peña

**Secretaria**

MsC. Aura Marina Miranda

**Director de Escuela**

MsC. José Eduardo Zepeda

**Director de la carrera de Radiología e Imágenes**

Licdo. Roberto Enrique Fong Hernández

## Dedicatoria



*A Keicy Alexandra Peraza Anzora  
nuestra compañera de tesis, mejor amiga,  
aunque ella no esté en este mundo  
terrenal,  
sabemos que está presente en cada una  
de las personas que la amamos,  
especialmente en su familia.  
Siempre te querremos amiga, colega.*

## **Agradecimientos**

### **Guillermo Ernesto Olivo Ipiña:**

*Primeramente, quiero agradecerle a Dios por darme fortaleza y sabiduría para afrontar todos los retos académicos que requiere este largo viaje hasta su culminación con este trabajo de grado.*

*Agradecerles a todos los miembros de mi familia en especial a mi padre y a mi madre que siempre me apoyaron desde pequeño para poder cumplir mis sueños este no es solo mi logro es de todos ellos que con su granito de arena aportaron para poder culminar mis estudios siendo uno de los pilares fundamentales en mi formación académica.*

*Agradecerle a mi pareja por siempre apoyarme en los momentos difíciles, fue un pilar fundamental para poder seguir adelante, siempre con su positivismo me motivaba para realizar el trabajo, siempre me apoya en todas mis decisiones y también es un logro de ella.*

*Agradecer a mi compañera Salma por siempre apoyarnos mutuamente a salir adelante y distribuirnos el trabajo de forma equitativa no podía haber tenido mejor compañera de tesis que ella.*

*Últimamente agradecer a Keicy Alexandra Peraza Anzora le damos los créditos del tema de desarrollo de esta investigación, lamentablemente ella falleció, era la alegría de nuestro grupo, fue la que nos unió con Salma en esta aventura y donde quiera que este ella está orgullosa de nosotros, aunque no físicamente siempre está con nosotros y no hay mejor legado que dedicarle este trabajo de tesis porque cuando siempre lo leamos nos acordaremos de ella.*

### **Salma Nataly regalado Mejía:**

*A Dios todo poderoso por darme sabiduría y mucha fuerza para sobrellevar cualquier adversidad en el transcurso de mi carrera universitaria y en la vida también, por escuchar mis oraciones y siempre estar conmigo a pesar de todo, por presentarnos a las personas correctas para llevar a cabo nuestro trabajo.*

*A toda mi familia por estar para mí y ayudarme desde el primer día de mi carrera hasta el último y sé que siempre estarán ahí ante cualquier circunstancia. Gracias, hermano por tus palabras de aliento en los momentos correctos, sé que muchas veces es difícil comprendernos, pero nos amamos, quiero verte triunfar.*

*A mi mamá por apoyarme en todo momento, ser la mejor mamá del mundo, gracias por cuidar de mí siempre, gracias por ser mi amiga en todo momento, por darme palabras de aliento, tú fortaleza es una inspiración para mí. Te amo mucho.*

*A mi papá por ser brindarme el apoyo incondicional y ser un padre maravilloso a pesar de las dificultades tú siempre mantienes tu frente en alto y es algo que tengo presente en todo momento. Gracias por tus consejos y tu compañía. Te amo mucho.*

*A mi pareja Fernando por brindarme el apoyo en todo momento, incluso en los momentos más difíciles de mi vida donde no podía ni moverme de la cama, nunca me has dejado sola, gracias por inspirarme a mejorar cada día. Te amo mucho.*

*A mi compañero de trabajo Guillermo, éramos 3 y al final quedamos nosotros a pesar de los momentos difíciles hemos salido adelante, poco a poco, pero al final lo conseguimos, estoy orgullosa de nuestro trabajo, gracias por todo Guille.*

*Al personal del Centro Internacional de Cáncer, Doctores, Físico médico, licenciados por la amabilidad y disposición en ayudarnos para obtener la información para nuestra investigación, Dios los bendiga en gran manera.*

*Al personal del departamento de radioterapia del Instituto Salvadoreño del Seguro Social por su amable atención y disposición a ayudar en todo momento para adquirir toda la información, Dios los bendiga en gran manera.*

*A nuestra asesora Licda. Teresa por su paciencia y darnos la dirección y conocimiento para poder desarrollar el contenido del trabajo de investigación. Muchas bendiciones en su vida.*

*Por último, pero no menos importante a mi compañera y mejor amiga, cuando te conocí nunca pensé que nuestra amistad iba a ser tan fuerte y siempre lo será, gracias por todos los momentos que pasamos juntas en la universidad, gracias a ti se escogió este tema sé que te gustaba mucho esta área, hubieras sido la mejor por tu calidez y bondad, eras una persona muy atenta aunque te sintieras mal hacías lo posible para no demostrarlo, me da un poco de consuelo el saber que estuve para ti en los mejores y peores momentos de tu vida. Te extraño y Te quiero mucho, Kei.*

## Contenido

Dedicatoria.....	
Agradecimientos.....	
Introducción .....	i
Resumen.....	ii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	
<b>1.1 Planteamiento del problema.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1 Situación problemática. ....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2 Enunciado .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Justificación .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.1 General.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.2 Específicos.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	
<b>2.1.1 Antecedentes de radiocirugía.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2 Fundamentación teórica. ....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	
<b>3.1 Operacionalización de variables.....</b>	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	
<b>4.1 Diseño metodológico .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.1 Tipo de estudio.....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.2 Universo y muestra .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.3 Métodos.....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.4 Técnicas, instrumentos y procedimientos. ....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.5 Validación de los instrumentos (prueba piloto).....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.6 Recursos.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.7 Consideraciones éticas .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.8 Plan de tabulación de la información.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1.9 Plan de análisis de resultados.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1.10 Plan de socialización. ....</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO V.....</b>	

5.1 Presentación y análisis de resultados.....	52
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	
6.1 Conclusiones .....	67
6.2 Recomendaciones .....	72
<b>Fuentes de información</b> .....	73
<b>ANEXOS</b> .....	77
<b>Glosario</b> .....	77
<b>Abreviaturas</b> .....	79
<b>Anexo 1 Centro Internacional de Cáncer. Colocación de marco estereotáxico</b> .....	80
<b>Anexo 2 Simulación de tratamiento con RM</b> .....	81
<b>Anexo 3 Planeación del tratamiento</b> .....	82
<b>Anexo 3 Tratamiento</b> .....	83
<b>Anexo 4. Instituto Salvadoreño del Seguro Social. Colocación de marco estereotáxico y mascara termoplástica</b> .....	84
<b>Anexo 5. Simulación con TAC</b> .....	84
<b>Anexo 6. Planeación del tratamiento</b> .....	86
<b>Anexo 7. Tratamiento</b> .....	88
<b>Cronograma de actividades Año 2022</b> .....	90

## **Introducción**

El presente trabajo trata del informe final sobre el tema de seminario de grado denominado PROTOCOLO DE LA RADIOCIRUGÍA ESTEREOTÁXICA CRANEAL CON ACELERADOR LINEAL Y GAMMA KNIFE EN PACIENTES CON PATOLOGÍAS CEREBRALES EN EL HOSPITAL MÉDICO QUIRÚRGICO Y ONCOLÓGICO DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL Y EL CENTRO INTERNACIONAL DE CÁNCER EN EL PERIODO DE FEBRERO A AGOSTO DE 2022.”

La realización del presente trabajo se desglosa en seis capítulos los cuales incorporan todo lo relacionado al tema de estudio, con el fin de incluir todos los aspectos desde su inicio hasta las conclusiones.

En el capítulo I se presenta la descripción del planteamiento del problema, el cual consiste en sintetizar y describir la situación problemática existente, así como también la justificación donde se consideran los aspectos y viabilidad de la información. Posteriormente se establecen los objetivos del trabajo, señalando la importancia del tema y los resultados que se pretenden obtener. En el capítulo II llamado “Marco teórico” se describe los antecedentes donde se encuentran los aspectos históricos del tema, seguido de la base teórica que expresa el protocolo de la radiocirugía estereotáxica craneal. El desarrollo del capítulo III, trata sobre la operacionalización de variables, la cual busca partir desde lo más general a lo específico de cada objetivo para medir las variables. En el capítulo IV “Diseño metodológico de la investigación”, se determina el tipo de estudio, el alcance de la investigación, el universo y la muestra, posteriormente los métodos, técnicas e instrumentos a utilizar para la recolección de información, procedimientos de validación, entre otros aspectos. El capítulo V se presenta el análisis y tabulación de datos a través de tablas y gráficos. Y por último el capítulo VI, se presentan las conclusiones y recomendaciones de esta investigación. Además, presenta un apartado que incluye los anexos más importantes durante todo el proceso de la investigación.

## **Resumen**

La presente investigación tiene como finalidad describir el procedimiento de la radiocirugía estereotáxica (SRS, por sus siglas en inglés) craneal a pacientes con patologías cerebrales, es un procedimiento que utiliza un sistema de coordenadas tridimensionales para localizar la lesión siendo mínimamente invasiva. Los haces de irradiación sobre la lesión dentro de la anatomía craneal del paciente hacen posible la administración de dosis de radiación sin incrementar la irradiación de los órganos o estructuras sanas adyacentes.

Este procedimiento es de alta precisión y está dirigida a pacientes con tumores cerebrales, malformaciones arteriovenosas o de metástasis cerebral entre otras muchas.

El protocolo de la radiocirugía estereotáxica craneal es de suma importancia debido a que sigue una serie de pasos sistematizados para realizar el procedimiento, en el cual se busca dar la relevancia correspondiente dentro de la radiocirugía moderna.

La investigación es de tipo cuantitativa, permitió describir el procedimiento de la radiocirugía estereotáxica craneal tanto en el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer, se realizó mediante el método de la observación por el grupo investigador, de esa manera fue posible medir las variables contempladas en los objetivos como son, el protocolo para la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal en las diferentes patologías por las que se les indico el procedimiento a los pacientes que formaron parte de la muestra, en quienes además se tomó en cuenta la edad, sexo y criterios clínicos por los cuales se realizaron el procedimiento, posteriormente se distribuyeron en tablas simples y gráficos para obtener una presentación ordenada de los datos.

# CAPÍTULO I

## **1.1 Planteamiento del problema.**

### **1.1.1 Situación problemática.**

El cáncer es un problema que afecta con frecuencia e intensidad la salud de la población salvadoreña, generando un deterioro en la calidad de vida de los pacientes, afectando la salud en cada familia en las que algún miembro sufre de esta patología.

Además del cáncer existen diferentes patologías como lo son los tumores primarios y secundarios, meningiomas, Cavernomas entre otros, estas patologías tienen una alternativa de tratamiento la cual es la radiocirugía dependiendo de la ubicación, el tejido involucrado y otros factores como el tamaño y tipo de tumor, de la tasa de crecimiento tumoral, de la ubicación en el cerebro, y de su estado general de salud.

La radiocirugía es un procedimiento no quirúrgico que utiliza radiación enfocada en dosis mucho más altas, y una sola aplicación es sumamente precisa se implementa para tratar tumores pequeños del cerebro y anomalías funcionales del cerebro. (1)

La radiocirugía estereotáxica craneal es una técnica utilizada en aquellos pacientes que no son aptos para realizarle una cirugía convencional debido a que pueden presentar diversas afecciones como: problemas sanguíneos, tumores extremadamente pequeños, o la lesión se encuentre en una localización peligrosa.

La radiocirugía estereotáxica craneal es cada vez más importante en el tratamiento del cáncer y otras enfermedades en diversas partes del cuerpo, por lo tanto, es posible aplicar esta técnica en cualquier parte del cuerpo, pero en el cerebro es más constante su aplicación. Esto se debe a su enfoque altamente eficiente y no invasivo en comparación con otros tratamientos.

Para los pacientes la realización de una radiocirugía estereotáxica craneal brinda esperanza ya que puede eliminar tumores u otras afecciones que antes eran inalcanzables con la cirugía tradicional ya que proporciona mayor precisión al momento de eliminar tejidos malignos en el cerebro.

A diferencia de una cirugía tradicional, la radiocirugía cerebral no requiere de anestesia general ni existen riesgos asociados como en la cirugía abierta, tales como el sangrado,

infección, la pérdida de líquido cefalorraquídeo, entre otros. No hay necesidad de realizar incisión o rasurar el cráneo, por lo tanto, es un proceso menos agresivo.

El alto costo del tratamiento en el sector privado puede presentarse una limitante para el paciente para poder realizarse la radiocirugía, de igual manera en el sector público puede existir la posibilidad de que el paciente no cumpla con los criterios médicos y por lo tanto no se le realiza la radiocirugía.

En cuanto a los efectos secundarios, la radiocirugía con acelerador lineal no causa déficit cognitivo, pérdida de cabello, náuseas, fatiga u otros efectos secundarios relacionados con la radioterapia.

El tiempo y el volumen de pacientes tratados a lo largo de las décadas han permitido esclarecer las dosis promedio y localizaciones anatómicas sobre las cuales generar lesiones por radiación de manera precisa con el fin de obtener resultados replicables, logrando tasas bajas de complicaciones. Los aceleradores lineales también son utilizados, para este propósito utilizando principios similares al Gamma Knife.

La principal ventaja radica en la utilización de menores cantidades de fuentes de cobalto, ya que su disposición y capacidad de rotar en torno al isocentro compensa la necesidad de utilizar 201 o 192 fuentes, logrando resultados similares utilizando apenas 25 o 30 fuentes de cobalto. (2)

### **1.1.2 Enunciado**

¿Cómo se desarrolla el protocolo de la radiocirugía estereotáxica craneal con acelerador lineal y gamma knife en pacientes con patologías cerebrales en el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer en el periodo de febrero a agosto de 2022?

### **1.2 Justificación**

El presente estudio es de trascendental importancia ya que busca generar impacto debido a que lleva poco tiempo incorporada en el área de radioterapia en el país, por lo tanto, es poco conocida, desde el año 2014 en el sector privado y desde el año 2020 se empezó a realizar en El Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, por lo tanto, no se le da la relevancia que le corresponde.

La radiocirugía estereotáxica craneal es poco conocida por las personas en el área de la salud, específicamente en radiología, debido a que se no logra desarrollar habilidades ya que no todos los estudiantes tienen la oportunidad de realizar prácticas en esta área, existiendo poco conocimiento en esta especialización, es por ello que se busca fortalecer el conocimiento de los estudiantes sobre la radiocirugía sistematizando la información así mismo proporcionando las herramientas básicas, sus funciones, el procedimiento, las ventajas, desventajas, los posibles riesgos y los beneficios que le brinda al paciente. Además, diferenciar los criterios clínicos que se toman en cuenta para realizar la radiocirugía estereotáxica craneal, evidenciar los factores incidentes de los pacientes, agregando énfasis en otras temáticas, tales como las patologías, la tomografía computarizada, resonancia magnética, entre otras.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 General.**

Determinar el protocolo de la radiocirugía estereotáxica craneal con acelerador lineal y gamma knife en pacientes con patologías cerebrales en el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer en el periodo de febrero a agosto 2022.

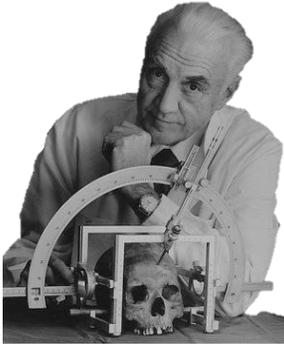
#### **1.3.2 Específicos.**

- Describir el protocolo para la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal.
- Identificar los criterios clínicos para la realización del procedimiento.
- Definir la edad y sexo del paciente que se realiza el procedimiento.
- Identificar las patologías por las que se realiza el procedimiento.

# CAPÍTULO II

## 2.1 Marco teórico

### 2.1.1 Antecedentes de radiocirugía.



Profesor Lars Leksell, inventor de Leksell Gamma Knife

(1907-1986), neurocirujano del Instituto Karolinska en Estocolmo, Suecia, fue el inventor de la radiocirugía. Su asistente fue Börje Larsson, biofísico y profesor en el Instituto Gustaf Werner, de la Universidad de Uppsala (Suecia).

La radiocirugía fue establecida por Leksell en 1951 para describir la destrucción de un blanco intracerebral, localizado estereotácticamente, sin craneotomía, por medio de una dosis única de radiaciones ionizantes, entregada a través de un sistema de haces convergentes en el blanco. Fue uno de los primeros en desarrollar un aparato estereotático exclusivamente para neurocirugía funcional humana en 1949, tras el trabajo pionero de Ernest A. Spiegel y Henry T. Wycis en 1947.

Se basaba en el aparato de Horsley-Clarke desarrollado para la experimentación con animales por los británicos neurocirujanos Sir Victor Horsley en el University College de Londres en 1908, pero en lugar de utilizar el sistema de coordenadas cartesianas, que utiliza coordenadas polares. El marco estereotático Leksell era y sigue siendo de uso generalizado hoy en día. Con ella, Leksell y sus colaboradores fueron pioneros en el abordaje quirúrgico para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson, por medio de la palidotomía.

En 1951, con el ciclotrón de la Universidad de Uppsala, Leksell y el físico y radiobiólogo Borje Larsson, desarrolló el concepto de la radiocirugía.

Llamaron a esta técnica “strålniven” (el cuchillo de rayos). De este modo, logró un nuevo método no invasivo para destruir regiones anatómicas en el cerebro y reducir al mínimo el efecto sobre los tejidos circundantes. Más tarde, un aparato especial conocido como el bisturí de rayos gamma (gammaknife), fue desarrollada por Lars Leksell en 1968. (3)



Gamma Unit 1968

Desde el descubrimiento de los tubos de rayos x, siempre ha existido un interés constante por mejorar y perfeccionar el uso de estos con fines terapéuticos. El primer acelerador fue inventado en 1922 por R. Van de Graff, pero sólo fueron implementados para terapia médica en la década de 1940 fueron suspendidos debido a sus grandes costos y tamaño.

En 1948; el cuchillo atómico, había permitido demostrar la posibilidad de destrucción selectiva de tejidos tumorales esta idea se extiende a otros centros y es así como la radiocirugía con partículas generadas en ciclotrones de investigación se inicia en la década del 1950 en Upsala, Berkeley y Boston. En 1967 Leksell completa el desarrollo y construcción del primer equipo dedicado exclusivamente para radiocirugía cerebral. Este equipo contenía 179 pequeñas fuentes de cobalto colimadas de tal forma que permitía dirigir su radiación hacia un punto central en el espacio, el primer tratamiento con este Gamma-unit instalado en el Sofiahemmet de Estocolmo fue realizado en octubre del mismo año. Leksell visualizó el potencial del Gamma Knife en el tratamiento de lesiones vasculares y neoplásicas.

En la década del 1970 Steiner dio inicio el uso del gamma-unit en el tratamiento de las malformaciones arteriovenosas (AVM.). En 1975; se instaló un gamma-unit de segunda generación denominado gamma knife en el Hospital Karolinska de Estocolmo, este equipo contaba con un mayor número de fuentes de cobalto (201). Para 1977; Barcia y Solorio, en España desarrollaron una técnica para irradiar MAV por medio de un sistema de haces cruzados, a través de 35 campos fijos en un equipo de cobalto convencional. En 1982 Derechinsky y Betti desarrollaron y adaptaron la técnica de haces cruzados de irradiación en un acelerador lineal, primero en Buenos Aires, después en 1986 en París. (4)

La técnica de Leksell, es usada como un tratamiento efectivo para diversas lesiones como MAV, tumores pituitarios, neuromas acústicos, craneofaringiomas, meningiomas, tumores metastáticos y de base de cráneo; así como, tumores cerebrales primarios, movimientos anormales, neurocirugía funcional, entre otros.

La radiocirugía tiene una gran aplicación en el campo de la medicina, más específicamente en el campo de oncología radioterapéutica, haciendo que el cáncer se convierta en una

enfermedad manejable dando así, una esperanza para la eliminación de tumores anteriormente inalcanzables, puesto que proporciona una mayor precisión mecánica.

Con su mayor uso y actualización cada vez es más utilizada en el mundo, en El Salvador la radiocirugía estereotáxica craneal forma parte del tratamiento de cáncer desde el año 2012, convirtiendo al Centro Internacional de Cáncer como la primera unidad especializada en radiocirugía a nivel Latinoamericano. Siendo un extraordinario avance de la medicina salvadoreña y de la región.

La radiocirugía es una forma de tratamiento del cáncer en la que se administran dosis muy altas de radiación para destruir los tumores en uno o varios tratamientos. En el centro Internacional de Cáncer gracias a la avanzada tecnología de sus equipos, realizaron la primera radiocirugía mediante radiación modulada y guiada por imagen, utilizando el Tomoterapia Hi-Art, es el primero en Centro y Sudamérica. Con este avance tecnológico y sofisticado en la práctica médica de alta complejidad, se lanzó el Programa de Radiocirugía de Cuerpo Total de El Salvador, el primer proyecto en América Latina en utilizar esta tecnología.

El Centro Internacional de Cáncer es la primera institución en Centro y Sudamérica en contar con Hi-Art Tomotherapy, uno de los sistemas más avanzados del mundo para el tratamiento del cáncer mediante radiocirugía. También es el primer centro en América Latina en utilizar el sistema de radiocirugía de rayos gamma Infini™ para brindar a los pacientes tratamientos no invasivos de última generación para enfermedades cerebrales, oncológicas y funcionales. En el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social la radiocirugía estereotáxica craneal se empezó a realizar con los nuevos equipos de aceleradores lineales Varian hace aproximadamente un año. (5)

### **2.1.2 Fundamentación teórica.**

**La radiocirugía:** Es un método radioquirúrgico mínimamente invasivo que permite concentrar altas dosis de radiación ionizante en una fracción única, sobre una lesión o estructura anatómica bien definida volumétrica y espacialmente, con el fin de destruirla o alterar su función, respetando los tejidos circundantes. Aunque esta aplicación implica el

término de cirugía, cabe resaltar que no hay ninguna incisión en absoluto y se realiza en régimen ambulatorio, eliminando complicaciones, hospitalización y tiempo de recuperación asociado con la cirugía craneal convencional.

Según Leksell “la radiocirugía estereotáctica es una técnica no invasiva para la destrucción de los tejidos o lesiones intracraneales” que, por lo general, por su profunda localización o su cercanía a áreas críticas del cerebro, tienen altas posibilidades de complicaciones o una gran dificultad quirúrgica.

También es posible realizar radiación estereotáctica, que consiste en la administración de la misma cantidad de radiación (o superior) que la radiocirugía convencional, pero es aplicada en pequeñas dosis distribuidas en una serie de tratamientos diarios. El fraccionamiento de la dosis favorece la reparación del tejido sano cercano a la lesión, en especial de estructuras críticas tales como las vías ópticas. (6)

La radiocirugía es una forma de radioterapia sumamente precisa implementada para tratar tumores pequeños del cerebro y anomalías funcionales del cerebro. Con la radiocirugía se consigue administrar una dosis alta de radiación de alta precisión con un margen de error de solamente uno o dos milímetros respetando los tejidos sanos, así minimizando el efecto de la radiación en los tejidos circundantes. (7)

La radiocirugía estereotáctica craneal es una alternativa importante a la cirugía especialmente para los pacientes que no son candidatos para un procedimiento quirúrgico convencional, otras indicaciones clínicas incluyen comúnmente presencia de lesiones inoperables, persistentes o recurrentes a cirugía, o alguna patología que no permita la cirugía craneal convencional así evitando el daño que este puede causar.

El servicio de radiocirugía estereotáctica craneal se brinda a pacientes con tumores cerebrales y de otra índole que no pueden someterse a cirugía, debido a que estos están ubicados cerca de órganos vitales y regiones anatómicas sujetos a movimientos dentro del cuerpo; con este procedimiento no quirúrgico, se genera dosis de radiación mucho más altas que en la

radioterapia convencional y solamente en uno o pocos tratamientos, reduciendo al máximo la dosis que recibe el tejido sano circundante al tumor

### **TIPOS DE RADIOCIRUGIA.**

La radiocirugía se divide en 3 tipos según el dispositivo de irradiación, en cada uno se usa un aparato y fuentes de radiación diferentes las cuales son: la radiocirugía por bisturí de rayos gamma (Gamma knife) y la radiocirugía por sistema de acelerador lineal y la radiocirugía con haz de protones.

#### **Sistemas de cobalto 60 (bisturí de rayos gamma):**

Los sistemas de cobalto 60 emplean el cobalto como la fuente de rayos gamma. A este tipo de sistema se lo conoce a menudo como bisturí de rayos gamma. Este no es realmente un bisturí. Utiliza haces de rayos gamma altamente focalizados para tratar lesiones pequeñas y de tamaño mediano en el cerebro y a su alrededor, por ejemplo, los tumores cerebrales o las MAV. Con el bisturí de rayos gamma, se unen muchos rayos de radiación gamma para focalizarse en la lesión que se trata. Estos administran una dosis muy potente de radiación de un modo seguro. También se usa para tratar los problemas funcionales, como la neuralgia del trigémino. Durante el tratamiento, el aparato no se mueve.

#### **Sistemas de acelerador lineal (LINAC)**

Los sistemas de acelerador lineal (LINAC, por sus siglas en inglés) usan rayos X de alta potencia para tratar tumores de gran tamaño u otras lesiones fuera del cerebro. Algunos tipos comunes de sistemas LINAC incluyen CyberKnife, X-Knife, Novalis y Peacock. A diferencia del bisturí de rayos gamma, los sistemas LINAC no usan materiales radioactivos para producir la radiación. Y, con estos sistemas, el aparato se mueve alrededor de la persona durante el tratamiento, de modo que permiten tratar tumores y zonas afectadas de mayor tamaño que el bisturí de rayos gamma. Con el sistema LINAC es posible tratar otras zonas, además del cerebro. Estos sistemas también pueden usarse para la radioterapia de haz externo. Por lo general, los pasos del tratamiento con un sistema LINAC son iguales o muy similares a los del bisturí de rayos gamma. (8)

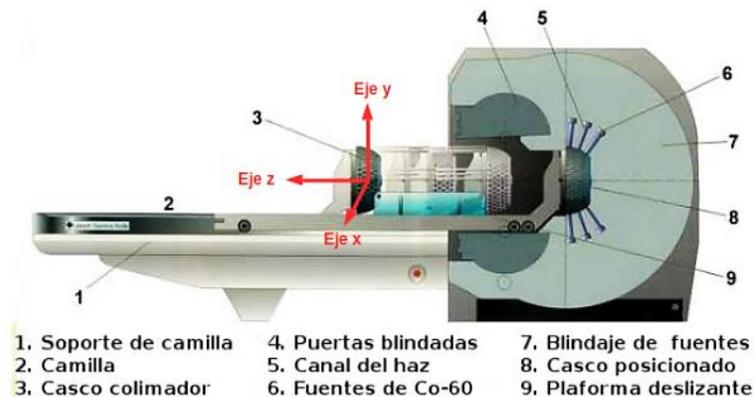
## PROTOCOLO DE LA RADIOCIRUGÍA ESTEREOTÁXICA CRANEAL CON ACELERADOR LINEAL Y GAMMA KNIFE

### Equipos médicos utilizados:

#### Gamma-knife:

El equipo de radiocirugía LGK, consiste en tres partes principales: la unidad de radiación, la camilla de tratamiento y un casco colimador. La unidad de radiación contiene 201 fuentes de Co-60 distribuidas en forma de anillo semiesférico, las cuales poseen un sistema de colimación primario que permite la convergencia de las fuentes en el isocentro mecánico del equipo.

La unidad de radiación posee un blindaje de hierro de 40 cm de espesor dentro de una bóveda en la sala de tratamiento. Este blindaje cuenta con una puerta que se abre automáticamente cuando la camilla está próxima a ingresar a la bóveda, y se cierra segundos después de recibida la irradiación, cuando la camilla ha salido. La camilla de tratamiento está fija y solo se desliza en un eje para ingresar a la bóveda de tratamiento, su altura es regulable y consta con un soporte para colocar los cascos colimadores que son intercambiables. Los cascos colimadores contienen arreglos de 201 colimadores secundarios que se enfocan en el objetivo definiendo esferas de tratamiento de diferentes tamaños de diámetro. Si se desea proteger alguna estructura del paciente es posible blindar las fuentes que irradian el órgano de riesgo cambiando colimadores por tapones de hierro (plugs).



Componentes de Gamma Knife

Teniendo en cuenta el volumen de la lesión a tratar, es importante conocer además su ubicación, por lo que es esencial proporcionar puntos de referencia exactos mediante los cuales se pueda determinar la forma y posición de la lesión. El marco de coordenadas proporciona referencias espaciales e inmoviliza la cabeza del paciente durante el tratamiento, además junto con los indicadores de imágenes de resonancia magnética, tomografía computarizada o angiográficas es posible ubicar de manera precisa la lesión y con ello poder realizar un plan de tratamiento adecuado para el paciente. Todo esto en conjunto forma parte integral del sistema LGK. (9)

El Gamma Knife (GK) fue el primer sistema de radiocirugía comercialmente disponible. Las versiones actuales del Gamma Knife contienen 201 fuentes de radiación de cobalto-60 englobadas en un recubrimiento de acero semiesférico.

Cada conjunto está hecho de varias unidades de cobalto integradas en un cilindro. El recubrimiento, en forma de cueva semiesférica, tiene una puerta que se abre para ingresar el cráneo del paciente y una vía de acceso para reemplazar las fuentes. Las fuentes de radiación se alinean de tal manera que sus rayos se intercepten en un único punto, denominado isocentro. El marco estereotáctico se encuentra rígidamente fijo a la mesa de tratamiento, de tal manera que cuando dicha mesa avanza dentro del Gamma Knife, la localización del volumen que se desea irradiar del cráneo del paciente coincide con el isocentro del sistema. Una de las ventajas de tal sistema es la ausencia de partes móviles durante el tratamiento, lo cual contribuye a su reproducibilidad y precisión.

Los 201 rayos gamma de las fuentes de cobalto 60 del Gamma Knife se cruzan dentro de 0,3 mm y es posible alinear el punto objetivo seleccionado con el punto focal con una precisión mecánica de 0,5 mm. Las especificaciones técnicas del bisturí de rayos gamma hacen posible producir de manera segura lesiones bien delimitadas en una sola sesión con una exactitud y precisión superiores.

El cobalto-60 es un radionucleido que emite radiaciones gamma, con una energía de 1,25 MeV y una vida media de 5,21 años. Las fuentes de cobalto se van agotando con el paso del tiempo, de manera que para conservar la misma eficacia en la superficie de la lesión, es necesario prolongar el tiempo de irradiación, hasta que llega a ser necesario cargar nuevas

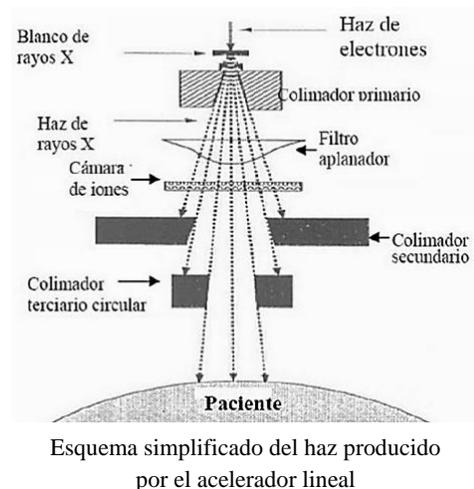
fuentes dentro del sistema. Existe un sistema de planificación computarizada del tratamiento, que permite planificar volúmenes irregulares, fundamentalmente por agregado de volúmenes esféricos, en algunas ocasiones y con la finalidad de proteger regiones del cerebro y el cráneo, algunos de los colimadores del casco pueden ser ocluidos.

La cirugía Gamma Knife es un procedimiento neuroquirúrgico de 4 pasos que incluye la aplicación de un marco estereotáctico en la cabeza del paciente, la adquisición de imágenes estereotácticas, la planificación del tratamiento y la radiación. (10)

### **Acelerador Lineal.**

El acelerador lineal es un dispositivo que utiliza ondas electromagnéticas de alta frecuencia para acelerar partículas cargadas como los electrones de alta energía a través de un tubo lineal.

Es similar al procedimiento con bisturí de rayos gamma y sus cuatro fases: colocación del dispositivo de la cabeza, toma de imágenes, planificación computarizada de la dosis, y administración de la radiación. A diferencia del



gantry bisturí de rayos gamma, que permanece inmóvil durante el procedimiento, la parte del aparato de LINAC gira alrededor del paciente suministrando los haces de radiación desde distintos ángulos. La obtención de RMN antes de la colocación del marco, es también una práctica de pre-planeamiento rutinaria de la SRS basada en LINAC. También es común la toma de una tomografía con el marco en su lugar.

La construcción de los aceleradores de electrones o aceleradores lineales es el resultado de la búsqueda de otros equipos de irradiación que pudieran superar los defectos de otras fuentes de energía como los aparatos de cobalto. El LINAC produce rayos-X de alta energía producto de la colisión de los electrones acelerados con materiales con números atómicos grandes. Los rayos-X producidos por un LINAC cubren un rango amplio de energías desde unas docenas

de kilo-electronvoltios (keV) hasta la energía máxima de los electrones acelerados, la cual varía según la aplicación y el equipo.

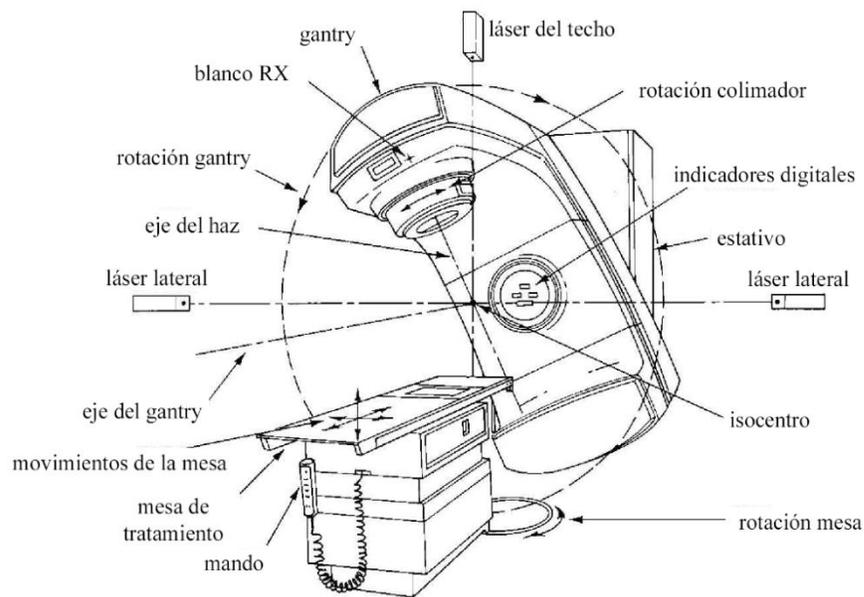
La radiación en el acelerador lineal es producida en un haz que, tras la adecuada colimación, toma el diámetro deseado. Habitualmente se emplean colimadores desde 5 mm hasta 35 y 40 mm de diámetro. El giro del gantry del acelerador permite dirigir el haz de radiación desde infinitas puertas de entrada, cuando se utilizan múltiples arcos de giro no coplanares, para realizar el tratamiento. (10)

Para realizar Radiocirugía se utilizan linacs adaptados con tolerancias mecánicas y eléctricas de precisión. Las adaptaciones para realizar radiocirugía consisten en:

1. Colimación suplementaria ya sea usando un set de colimadores que definen el diámetro del haz o uMLC que definan el área de los campos irregulares.
2. Camilla motorizada remotamente.
3. Soporte en la camilla que permite inmovilizar el marco estereotáctico durante el procedimiento.
4. Sistema para relacionar las mediciones de la posición angular y altura de la camilla.
5. Sistema para inmovilizar movimientos verticales, longitudinales, y laterales de la camilla durante el tratamiento. (11)

También se basa en la administración de SRS sin un marco de cabeza invasivo, y se puede utilizar una máscara de cabeza de plástico más simple, para mantener la cabeza quieta durante la administración, lo que puede mejorar el nivel de comodidad del paciente. El desarrollo de SRS sin marco es posible debido a la incorporación de la guía por imágenes durante la administración del tratamiento. En la actualidad, la mayoría de las tecnologías basadas en LINAC se están desplazando hacia el SRS sin marco. El bisturí de rayos gamma también ha desarrollado tecnologías sin marco para evitarle al paciente el procedimiento invasivo de colocación del marco. El SRS también permite el SRS fraccionado, o SBRT, que puede ser una ventaja en el caso de tumores grandes o que están en lugares críticos. Un acelerador

médico lineal personaliza los rayos X de alta energía, o electrones, para que se ajusten a la forma de un tumor y destruyan las células cancerosas sin afectar el tejido normal circundante. Cuenta con varios sistemas de seguridad incorporados para asegurar que emitirá la dosis de la forma indicada, y un físico médico lo revisa periódicamente para asegurarse de que funcione correctamente. (12)

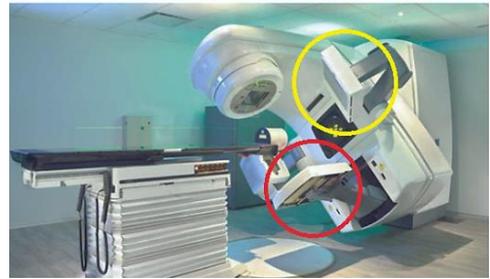


Esquema básico de un acelerador lineal

Los aceleradores lineales se clasifican de acuerdo con sus niveles de energía. Las unidades de baja energía producen fotones de 4 ó 6 megavoltios (MV), las de mediana energía, de 8 a 10 MV y haces de electrones de 9 a 15 millones de electrones voltios (MeV), y las de alta energía, fotones entre 15 y 25 MV y un rango de energía de electrones de 4 a 22 MeV. La mayoría son unidades de energía dual, que ofrecen un haz de baja energía, de 6 MV, y otro de alta de por lo menos 10 MV, o múltiples unidades que proveen un rango de energía de fotones y electrones.

Los LINAC incorporan sistemas de adquisición de imágenes denominados sistemas EPID (sistemas electrónicos de imagen portal) con el fin de verificar la posición del paciente, como asimismo se puede utilizar para adquirir mapas de dosis. La misma gira en forma solidaria con el brazo del acelerador, haciendo adquisiciones 2D o planas.

Los LINAC pueden poseer un solo sistema EPID ubicado diametralmente opuesto a la cabeza del LINAC donde se forma la imagen mediante el haz de rayos x producido por la unidad de megavoltaje, o poseer un segundo sistema ortogonal al anterior que forma la imagen mediante una unidad de kilovoltaje también ortogonal al cabezal del LINAC (OBI).



Sistema de imagen portal (EPID) en rojo y detector del sistema OBI en amarillo

### DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS

<p><b>Acelerador lineal (13)</b> Hospital Médico quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social</p>	<p><b>Gamma knife (14)</b> Centro Internacional de Cáncer</p>
<p>UNIQUE_SRS_6X Varian Generic, Cone Energía (Fotones): 6MV</p>  <p>Varian TRILOGY_6SRS Varian Trilogy, Varian MLC-120HD Energía (electrones): 6, 9, 12, 15, 18, 22 MV</p> 	<p>Rotating Gamma System Infini™ Modelo: INFINI Nombre de la fuente de radiación: Cobalto60.</p> 

## ASPECTOS GENERALES DE LA INMOVILIZACIÓN.

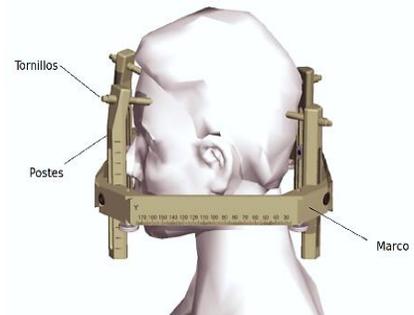
La inmovilización es comúnmente usada en la región de cabeza y cuello para el tratamiento de los cánceres orales y nasales y el tratamiento de tumores cerebrales. Como esta parte de la anatomía es muy flexible, el dispositivo de inmovilización no sólo debe asegurar que la cabeza se mantenga en posición simétrica, sino también que se mantiene el grado de extensión o flexión del cuello (necesario para tratar la laringe o la hipófisis). (15)

### Material de inmovilización.

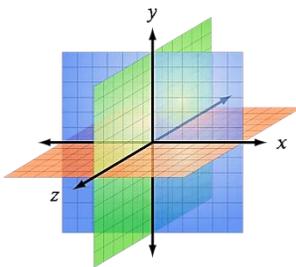
- **Marco estereotáxico:**

Este marco ayuda además a proporcionar puntos de referencia para identificar cada uno de los puntos a tratar dentro del cerebro, para esto se utilizan coordenadas que garantizan la ubicación exacta.

Un marco estereotáxico provee inmovilidad al paciente y ayuda a definir los puntos de referencia externos. El marco de coordenadas Leksell G es rectangular y posee un sistema de medidas graduada en mm, el marco se fija al hueso del cráneo por medio de tornillos y postes que le dan rigidez a la cabeza cuando se posiciona en el colimador para entregar el tratamiento.



Esquema de Marco estereotáxico

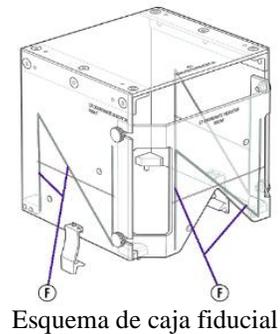


Sistema tridimensional de coordenadas

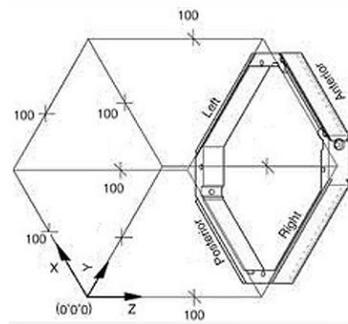
Las coordenadas espaciales se ubican de la siguiente forma respecto a la cabeza del paciente: X (dirección izquierda-derecha), Y (dirección anterior-posterior) y Z (dirección superior- inferior). La coordenada X aumenta de derecha a izquierda, Y aumenta de la región posterior hacia la región anterior y Z crece de la región superior a la inferior. Todas las coordenadas espaciales son, por lo general, positivas para evitar confusiones.

### Caja fiducial:

Sobre el marco estereotáxico se coloca una caja de indicadores, la cual tiene marcas fiduciales que son visibles en el proceso de adquisición de las imágenes (MRI, CT, Angiografía) para la planificación del tratamiento. Esta caja se usa con el fin de hacer coincidir la información de la imagen y el marco de localización. Sus marcadores permitirán localizar exactamente la forma, posición y tamaño de la lesión.



Origen del Sistema de Coordenadas (0.0, 0.0, 0.0): Arriba, atrás y a la derecha del paciente



El eje z positivo se encuentra saliendo de la pantalla (Hacia los pies del paciente)

**Tornillos de fijación al cráneo:** están contruidos de una aleación de aluminio y su punta está fabricada de Titanio, lo que asegura una alta resistencia y minimiza la interferencia que provocan los materiales metálicos en las imágenes de TAC. (16)



Tornillos de fijación

### Bases.

Generalmente se requiere una base para fijar el soporte de cabeza y cuello al inmovilizador atar el descanso de cabeza y cuello al sujetador de la cabeza. Algunos centros prefieren fijar la base al extremo de la mesa para prevenir que el paciente mueva el dispositivo de inmovilización completo.

## Soportes de cabeza y cuello.

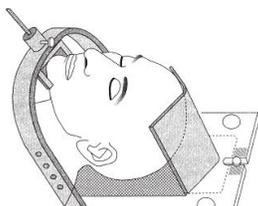
Éstos deberían diseñarse para asegurar la comodidad del paciente. La selección depende de la posición requerida de la cabeza (supina, prona o lateral). Puede necesitarse una cuña o plano inclinado para aumentar la flexión.

**Cintas sujetadoras:** Los inmovilizadores más sencillos pueden ser cintas hechas de cinta adhesiva, venda de yeso, termoplástico o "Scotchcast" atadas a la mesa o base. Aunque estas cintas pueden ayudar a inmovilizar al paciente, tienen grandes limitaciones en lo que respecta a obtener una posición reproducible igual a la de la radiografía o la marcada durante las fracciones subsiguientes.

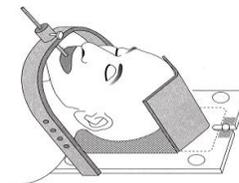
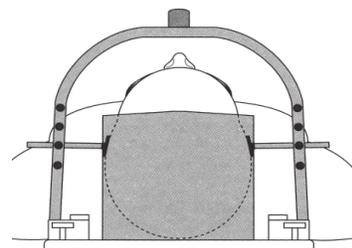
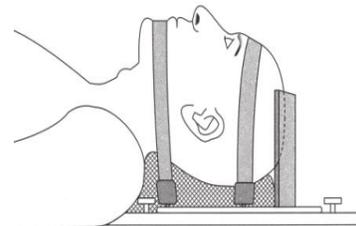
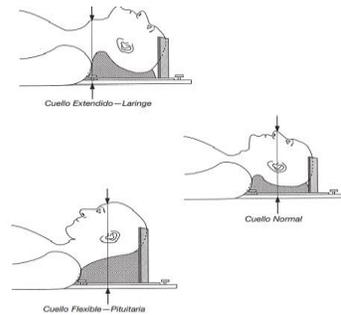
**Dispositivos mecánicos de fijación:** Los dispositivos prefabricados presionan la cabeza lateralmente o, de preferencia, sujetan la ceja, boca (bloque de mordida) o barbilla.

**Tornillos laterales:** Su utilidad para mantener la cabeza inmóvil y estable en una posición aproximadamente vertical durante cada fracción es limitada. No son útiles en cuanto a la reproducibilidad.

**Bloque de mordida:** un molde hecho de material de impresión dental en el que el paciente muerde. Una alternativa es usar material termoplástico tibio moldeado al morder el paciente en él mismo mientras se enfría.

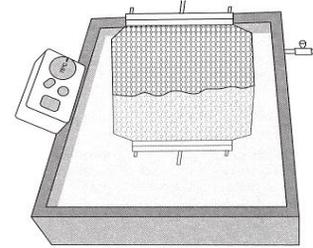


**Tornillo de barbilla:** un disco superficial que encaja debajo de la barbilla.



## Máscaras faciales.

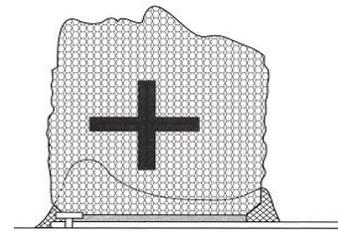
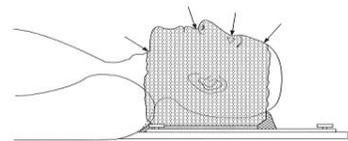
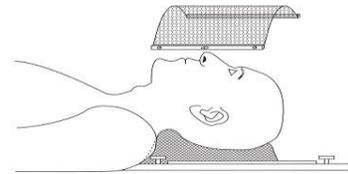
El propósito de la máscara es mantenerlo en posición para asegurar la entrega precisa del haz de radiación. Suele utilizarse para lesiones con forma irregular.



- **Máscaras termoplásticas.**

Las máscaras termoplásticas faciales son ciertamente el mejor método de inmovilización. Las ventajas son la facilidad y rapidez con que se preparan. Un inconveniente es el alto costo por unidad que puede reducirse si se vuelven a usar; lo razonable es generalmente hasta 5 veces.

- Seleccionar una hoja de tamaño adecuado y mojarla en agua tibia para que se ablande. La temperatura requerida es normalmente de unos 75°C.
- Sacarlo del agua cuando esté caliente y séquelo con palmadas.
- Aplicar la hoja tibia, secar sobre la cara, sujetándola a la base y moldeándola alrededor de la nariz y los ojos. Este procedimiento requiere unos 4 minutos.
- Usar cinta adhesiva en la máscara en que se marcará la posición del campo. La cinta debe correr a lo largo de los ejes centrales del campo y ser más larga que el tamaño de campo. Esto permitirá utilizar nuevamente la máscara y facilitará el marcado exacto.
- Evitar cortar la máscara a menos que sea esencial.
- Después de concluirse el tratamiento de radioterapia, la máscara puede calentarse nuevamente para que vuelva a su forma original y pueda usarse otra vez. (15)



## **EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO INVOLUCRADO EN LA RADIOCIRUGIA**

### **Médico neurocirujano:**

Participa en las técnicas de radiocirugía, con la interpretación anatómica de las imágenes de rayos X, Tomografía Computarizada, Angiografía Cerebral y Resonancia Magnética requerido para administrar un tratamiento de radiocirugía, se requiere que esté familiarizado con la definición espacial (estereotáxica) de los objetivos donde se ha de aplicar la radiación, así como profundos conocimientos de anatomía de las estructuras sanas que rodean el objetivo de tratamiento. Su función principal es definir y diseñar un plan de tratamiento que considere la neuroanatomía, neurofisiología y radiobiología de las lesiones y tejidos sanos, en conjunto con el radioterapeuta, neurocirujano y físico médico, con especial interés en el análisis de todas las opciones de tratamiento sobre una base del estudio de los riesgos y beneficios para cada paciente en particular, debiendo quedar perfectamente explicado, en el consentimiento informado, las expectativas de éxito y eventuales complicaciones.

### **Médico radioterapeuta:**

Es el responsable en última instancia del tratamiento del paciente, y tiene a su cargo la consulta, la prescripción de dosis y el tratamiento, la supervisión del paciente durante el tratamiento y los informes sumarios del tratamiento de cada paciente. Su presencia en el procedimiento es necesaria en todo momento mientras los pacientes estén siendo tratados. Participa en la discusión de los hallazgos de la consulta incluyendo diagnóstico y estado clínico, y donde se propone el plan de tratamiento que establece dosis, fraccionamiento y técnica. Esta discusión incluye otros oncólogos radioterapeutas y preferiblemente físicos médicos.

### **Físico médico:**

*Calibración de equipo de radioterapia.* Es responsable de la calibración de todas las unidades de tratamiento y la verificación de la actividad de las fuentes radioactivas de acuerdo con los protocolos adoptados.

La función del físico médico inicia desde la aceptación del sistema de radiocirugía después de su instalación y la caracterización de los haces de radiación para la configuración del sistema de planeación. Desarrolla e implementa el programa de garantía de calidad que incluye verificaciones periódicas del equipo de radiocirugía del sistema de planeación y la calibración radiológica completa.

*Planificación de tratamientos.* El físico médico lleva a cabo o supervisa los cálculos y las mediciones necesarias para determinar dosis absorbidas o distribuciones de dosis en pacientes. Provee al oncólogo radioterapeuta evaluación y propuestas de optimización de la planificación de tratamientos.

Durante los tratamientos, el físico debe estar presente durante todo el procedimiento y vigilar los parámetros que pudieran afectar la exactitud del tratamiento: mediciones del contorno craneal, distorsión de imágenes, definición de las imágenes en el espacio estereotáxico y parámetros de tratamiento. Deberá participar con los médicos neurocirujanos y radioterapeutas en la planeación del tratamiento y la revisión final del mismo.

### **Técnico radioterapeuta:**

Licenciado en radiología e imágenes perteneciente al área de radioterapia es el profesional con la misión de suministrar al paciente el tratamiento de radiación, bajo la supervisión del oncólogo radioterapeuta y del físico médico.

Dependiendo de las características de la institución oncológica, los radioterapeutas en radioterapia pueden desempeñar funciones en diversas áreas, y estas incluyen la participación en los diversos procedimientos de garantía de calidad en cada una de las áreas.

- Suministra el tratamiento al paciente de acuerdo con la prescripción clínica y la planificación del tratamiento. Mantiene el expediente del paciente en lo relativo a su programación y seguimiento en el tratamiento.
- Conoce el funcionamiento y el uso de los equipos y los accesorios, así como sus límites de seguridad.

- Elabora y utiliza accesorios de inmovilización y de colocación del paciente, moldes, etc.
- Es el colaborador del físico médico de radioterapia, en todo lo que este necesita para el control de calidad de las máquinas, pruebas diarias, dosimetrías, etc. Participa durante los tratamientos en la operación general del equipo.

**Personal de enfermería:** Sus funciones consistirán en proveer el apoyo, medicamentos y equipos necesarios durante la colocación del marco estereotáxico; realizar la parte asistencial y preventiva que el paciente requiere durante todo el procedimiento. (17)

**Licenciado/a en anestesiología:** se encarga de administrar la anestesia al paciente en caso de ser requerida. Está pendiente en todo el procedimiento del paciente. Administra el medio de contraste al paciente.

## **PROCEDIMIENTO DE LA RADIACIRUGÍA ESTEREOTÁXICA**

### **Secuencia del procedimiento radiocirugía con gamma knife:**

La preparación para la radiocirugía estereotáxica del cerebro con bisturí de rayos gamma incluye los siguientes pasos: (18)

#### **1. Colocación de un marco en la cabeza.**

Antes de que se inicie el procedimiento, se coloca un marco liviano fijado a la cabeza con cuatro pernos. Este marco estabilizará la cabeza durante el tratamiento de radiación y servirá como punto de referencia para concentrar los haces de la radiación. Es posible que algunos tipos de radiocirugía cerebral no requieran la colocación de un marco en la cabeza.

Si es necesario un marco en la cabeza, se administrarán inyecciones anestésicas en los cuatro lugares en el cuero cabelludo donde se insertarán los pernos (dos puntos en la frente y dos en la parte posterior de la cabeza).

#### **2. Pruebas de diagnóstico por imágenes.**

Luego de fijar el marco en la cabeza, realizarán exploraciones por imágenes del cerebro que mostrarán la ubicación del tumor u otra anomalía en relación con el marco en la cabeza. Este tipo de exploración depende del trastorno que se trate:

- **Tumores.** La exploración por imágenes de tumores puede incluir la Tomografía Computarizada (TC) o la Resonancia Magnética (RM). En una exploración por TC, se obtienen imágenes de cortes tomográficos del paciente para determinar volúmenes blancos y órganos en riesgo. En una exploración por RM, un campo magnético y ondas radioeléctricas crean imágenes detalladas del cerebro. Los médicos pueden inyectar un medio de contraste en este caso el gadolinio para ver los vasos sanguíneos en el cerebro y resaltar la circulación sanguínea.
- **Malformaciones arteriovenosas.** La exploración por imágenes de malformaciones arteriovenosas del cerebro puede constar de exploraciones por TC, exploraciones por RM, angiografías cerebrales o alguna combinación de estas pruebas.

### ***3. Planificación de la dosis.***

Los resultados de las exploraciones del cerebro se introducen en un sistema de planificación computarizado que le permite al equipo de radiocirugía planificar las áreas adecuadas a tratar, las dosis de radiación y la manera en la cual concentrar a los haces de radiación para tratar las áreas. Este proceso de planificación puede tomar de una a dos horas. Durante ese período, el paciente se puede relajar en otra sala, pero el marco debe permanecer fijado a la cabeza.

### ***4. Tratamiento de radiación.***

Después de acomodar al paciente para el tratamiento, se le coloca un tipo de casco con muchos cientos de orificios sobre el marco de la cabeza. Estos orificios ayudan a enfocar los rayos de radiación en el objetivo. El tratamiento durará desde unos pocos minutos hasta algunas horas, lo que depende del tipo y de la ubicación de la zona en la que aplica el tratamiento. Generalmente, solo se necesita una sesión de tratamiento para una lesión.

## **Secuencia del procedimiento con acelerador lineal:**

La preparación para la radiocirugía estereotáxica del cerebro con acelerador lineal incluye los siguientes pasos:

### ***1. Inserción de una guía o marco estereotáctico.***

Es necesaria la colocación de una guía estereotáxica con el objeto de inmovilizar al paciente y definir unos puntos de referencia externos, también se puede utilizar una máscara termoplástica. Esta guía puede ser fija (para un solo tratamiento) o reposicionable (para tratamiento fraccionado). En el caso de un único tratamiento, sobre el cerebro se utiliza una guía estereotáxica se inserta en el cráneo del paciente a través de fijaciones atornilladas en la tabla externa de la calota del paciente. Además, este marco estereotáctico se utiliza para colocar un sistema de puntos de referencia que permiten una localización exacta de la lesión en los tres planos del espacio. Suelen utilizarse inmovilizadores corporales dentro de un marco o guía corporal rígida donde se sitúan los puntos de referencia, adquisición de imágenes tomográficas en la misma sala de tratamiento para verificación de la posición del tumor previa al tratamiento.

### ***2. Adquisición de imágenes***

Posteriormente se adquieren imágenes en condiciones estereotáxicas (incluyendo los puntos de referencia) pueden ser por medio RM o TC. Estas imágenes son exportadas a un ordenador para hacer la planificación del tratamiento.

### ***3. Planificación***

En el planificador se contornean la lesión, los órganos y estructuras sanas adyacentes radiosensibles. Esto permite reconstruir al paciente en las tres dimensiones del espacio y diseñar de forma virtual el plan de tratamiento más adecuado. En los planificadores más modernos el sistema de planificación genera de forma semiautomática varios planes teniendo en cuenta distintas preferencias. Se identifica y selecciona el plan de irradiación que mejor se adapta a la morfología de la lesión y administra menos dosis de radioterapia sobre los

órganos y estructuras sanas adyacentes. Con posterioridad se realiza la prescripción de la dosis de irradiación que debe abarcar toda la lesión y se optimiza el plan.

#### ***4. Verificación***

Antes de iniciar el tratamiento debe comprobarse la correcta disposición de ciertos componentes mecánicos del acelerador lineal y del haz de irradiación. El proceso de control de calidad consiste en la verificación de la correcta alineación de los láseres que sirven para el posicionamiento preciso del paciente antes del tratamiento y de la adecuada relación del haz de irradiación con respecto a un punto cuando gira el cabezal del acelerador. También, si se utiliza multiláminas o micromultiláminas para la conformación del haz debe verificarse su correcto recorrido en el movimiento de las láminas.

#### ***5. Administración del tratamiento***

El paciente es posicionado en la mesa de tratamiento de forma idéntica a la posición establecida en la TAC para la adquisición de imágenes. Las coordenadas numéricas estereotáxicas del centro de la lesión, calculadas por el planificador y referenciadas en los tres planos del espacio, son localizadas en una escala calibrada en décimas de milímetro sobre el marco estereotáxico. Estas referencias se hacen coincidir con los láseres que apuntan al isocentro mecánico del acelerador lineal (punto de rotación del cabezal del acelerador).

El tratamiento puede realizarse utilizando distintas técnicas dependiendo del dispositivo de radioterapia. El tiempo invertido desde la inserción o diseño del marco estereotáxico hasta la finalización del tratamiento suele oscilar entre 3 y 6 horas dependiendo de la complejidad del proceso. El paciente puede ser tratado de forma ambulatoria. (19) Si hacen una radiocirugía estereotáxica del cerebro con máscara termoplástica, normalmente se enviará a casa durante el proceso de planificación y el tratamiento se hará unos días después.

## DIFERENCIAS ENTRE EL GAMMA-KNIFE Y LOS SISTEMAS DE ACELERADOR LINEAL.

Las unidades de radioterapia más extendidas para el tratamiento con técnicas estereotáxicas son la gamma knife y los aceleradores lineales. La *gamma knife*, es una unidad de irradiación compuesta por múltiples fuentes de 60 Cobalto en forma de haces circulares convergentes en un punto y está dedicada exclusivamente a tratamientos con radiocirugía de lesiones cerebrales. Durante el tratamiento con gammaknife, el equipo permanece estático y la distribución irregular de la dosis se obtiene por la suma de varios haces de irradiación adyacentes.

### Cascos de Colimadores.

Cada casco contiene 201 canales de haces. Las sustituciones de los colimadores individuales por tapones protectores ofrecen un modo adicional de conformar el haz y proteger las estructuras sensibles. Hay cuatro cascos que facilitan colimadores de 4, 8, 14 y 18 mm, respectivamente. (20)



Esquema de cascos colimadores

Los *aceleradores lineales* generan rayos X (fotones de 4-21 Mev) y electrones a partir de diferencias de potencial eléctrico (no utilizan material radiactivo) y son dispositivos de radioterapia externa que se utilizan de forma convencional para el tratamiento del cáncer.

A diferencia de la gamma knife, los aceleradores lineales se mueven alrededor del paciente durante el tratamiento. El tratamiento se administra mediante múltiples campos estáticos o arcos rotacionales del cabezal del acelerador que concentran la dosis de irradiación en la lesión mientras se minimiza al máximo la cantidad de irradiación en el tejido cerebral sano adyacente. La distribución de la dosis se conforma utilizando colimadores circulares, micromultiláminas con campos fijos o dinámicos e IMRT. (19)



Esquema de Conos colimadores

**Conos colimadores LINAC:** Conjunto de colimadores cónicos de 5-40mm de diámetro.

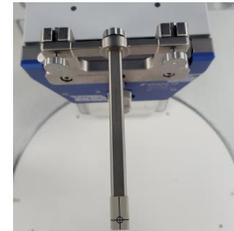
## Multiláminas colimadoras LINAC:

Las Micromultiláminas (mMLC) son un dispositivo que utilizan hojas movibles construidas de un material altamente atenuante tal como el Wolframio, con el fin de generar formas aleatorias de campos. Las láminas suelen tener anchos de 2 a 5 mm y son capaces de conformar pequeños campos, irregulares con el error geométrico aceptable menor a 1 mm. Los colimadores multiláminas consisten en un conjunto de entre 20 y 60 pares. Pueden conformar campos regulares e irregulares de una manera rápida y satisfactoria, así como también lograr la modulación de la intensidad del haz



Esquema de Multiláminas colimadoras

**Test de Winston Lutz (Test WL)** posee una doble utilidad, por un lado, permite medir la capacidad del sistema de centrar el haz de radiación, y por otro configurar correctamente las coordenadas del blanco para un paciente. (21)



WL. ISSS 2022

## Diferencias de los equipos.

### 1. Funcionamiento de los equipos.

*Gamma Knife* utiliza tecnología avanzadas de robótica para mover al paciente en incrementos submilimétricos durante el tratamiento con el fin de focalizar la radiación de forma exitosa sobre todas las zonas a tratar. Emplea 192 o 201 haces de rayos gamma que convergen en tres dimensiones para enfocarse de forma muy precisa en un objetivo.

Por su parte, el *acelerador lineal* utiliza tecnología de microondas para acelerar los electrones en la parte del acelerador llamada "guía de ondas". Luego, permite que estos electrones choquen contra un blanco de metal pesado para producir rayos X de alta energía. Estos son moldeados a medida que abandonan la máquina para formar un haz que asemeja la forma del tumor del paciente.

## **2. Tipos de inmovilización y precisión de los equipos.**

*Gamma Knife* utiliza un marco para lograr una rígida inmovilización en la cabeza durante el procedimiento. Este marco tiene incorporado un sistema de coordenadas tridimensionales. Los médicos usan un programa de computación planificador para determinar la relación espacial exacta entre el blanco, las estructuras normales y el marco de la cabeza, para así calcular los parámetros del tratamiento con bisturí de rayos gamma.

Un *acelerador lineal* utiliza un marco y también puede utilizar una máscara facial de termoplástico que se adhiere a la camilla durante el tratamiento. El paciente yace sobre una camilla móvil y se usan rayos láser para asegurar que esté en la posición adecuada. La camilla se puede mover en varias direcciones: hacia arriba, hacia abajo, a la derecha, a la izquierda, hacia adentro y hacia afuera. El haz sale del gantry, que puede rotar alrededor del paciente.

## **3. Numero de sesiones.**

*Gamma Knife* se caracteriza por ser un tratamiento de una sola sesión, donde los cuatro pasos del procedimiento se realizan el mismo día: colocación del dispositivo para la cabeza, toma de imágenes para ubicar el tumor, planificación computarizada de la dosis, y administración de la radiación.

Aunque todo esto puede tomar la mayor parte del día, el paciente podrá retornar a casa al terminar el tratamiento y regresar solo para citas esporádicas de seguimiento.

Por su parte, los sistemas de *acelerador lineal* pueden realizar una radiocirugía estereotáxica en una sola sesión o de dos a cinco sesiones para los casos de tumores más grandes (radioterapia estereotáxica fraccionada). Estas se pueden realizar en un periodo de días o semanas. Cada sesión con un modelo a acelerador lineal puede tomar entre 30 minutos a horas. (22)

## **VENTAJAS DE LA RADIOCIRUGIA.**

- **Mínimamente invasiva y sin dolor.**

Para el procedimiento no se requiere el uso de anestesia general, salvo en los niños, ni se presentan los riesgos asociados con la cirugía abierta, como son las hemorragias, las infecciones, la pérdida de líquido cefalorraquídeo y otras complicaciones. No se requieren incisiones, no es necesario rasurar el cráneo ni otra preparación física agresiva especial.

- **Mínimos efectos secundarios.**

No produce déficits cognitivos, ni caída del cabello, náuseas, cansancio ni otros efectos secundarios asociados a radioterapia externa fraccionada.

- **Ubicación de una única lesión o múltiples lesiones**

Con el marco estereotáctico fijado al cráneo, se le realizan al paciente estudios de imágenes de máxima definición, con resonancia magnética, con tomografía computada y/o angiografía digital para, de forma muy precisa, determinar el tamaño, la forma y la posición de la lesión a tratar. Durante la obtención de las imágenes, se le agregará al marco un sistema localizador, que brindará la referencia para la localización de las lesiones.

## **DESVENTAJAS DE LA RADIOCIRUGÍA**

- **Efectos secundarios de Gamma Knife: leves y temporales**

La baja toxicidad en los tejidos sanos permite que los efectos secundarios sean leves y temporales. Luego del procedimiento, que dura entre 30 minutos y horas, el paciente es dado de alta el mismo día después de un breve periodo de observación. Ya en casa, se recomienda que guarde reposo el resto del día, pero puede alimentarse y beber con normalidad.

Sin embargo, es común que el paciente sienta algunos efectos secundarios leves. Algunos de los más frecuentes son dolor de cabeza, náuseas, cansancio, debilidad o sensibilidad en el área tratada. Por lo general, estos efectos secundarios son soportables y desaparecen solos con el pasar de los días. Si causan mayores molestias, pueden ser aliviados con facilidad con medicamentos.

Es importante señalar que el paciente puede retornar a sus actividades habituales, como estudiar o trabajar, al día siguiente del procedimiento. El tiempo de recuperación es bastante

corto gracias al procedimiento mínimamente invasivo y los efectos secundarios leves. No obstante, se recomienda evitar actividades físicas extenuantes por al menos 24 horas. (23)

## **CRITERIOS CLÍNICOS PARA REALIZACIÓN DE RADIOCIRUGIA ESTEREOTÁXICA:**

Los criterios de selección para el tratamiento con esta técnica, al igual de lo que sucede en otras formas de tratamiento, pasan sin duda, por un diagnóstico fiable de la enfermedad, por un completo conocimiento de la historia natural de la misma. La eficacia y limitaciones de la radiocirugía estereotáxica, están fundamentalmente ligados a:

### **1. Volumen de la lesión a tratar.**

Es un principio radiobiológico clásico que, a mayor volumen de la lesión a tratar, tanto mayor será la dispersión de radiación. Kjellberg, utilizando protones y más recientemente Flickinger con fotones, ambos estudios clínicos y experimentales, han diseñado las curvas de isoeffecto, por encima de las cuales se cae en un riesgo de radionecrosis del 5 y 3% respectivamente. Estas curvas adolecen de la limitación de no incluir en su valoración de efectos secundarios a nervios o pares craneales, entre otras estructuras importantes.

### **2. Proximidad a estructuras críticas.**

Existen en el interior del cráneo, estructuras especialmente sensibles a las radiaciones ionizantes, estructuras críticas, (nervio óptico y quiasma, tronco cerebral, tálamo y cápsula interna). Esta perfectamente establecido, por ejemplo, que el aparato óptico no puede recibir una dosificación superior a los 9 Gy y no deben ser tratados tumores o malformaciones cuya proximidad a esta estructura sea inferior a 5 mm, a menos que se administre una dosis ineficaz o no se incluya todo el tumor en el volumen blanco.

### **3. Morfología de la lesión.**

Los diferentes arcos de irradiación que utilizan los aceleradores lineales o la confluencia de diferentes focos de irradiación de las unidades gamma delimitan esferas, de forma que las lesiones con mejor distribución de dosis serán las que más se asemejen a esta estructura geométrica. Las formas irregulares obligaran a la superposición de varios disparos

(isocentros) con manchas calientes por solapamiento de los distintos campos de irradiación, la inhomogeneidad de la dosis así creada, puede resultar de importancia cuando se incluyen en el interior de la lesión a tratar, estructuras sanas como nervios craneales. La morfología irregular no es un criterio de exclusión, pero presenta una dificultad adicional.

#### **4. Definición y delimitación de la lesión a tratar.**

La precisión exigible para el tratamiento con esta técnica es ligada a la definición de la lesión a tratar en TC, RM y Angiografía, de donde se obtendrán las coordenadas que delimitarán el volumen blanco. La RM es sin dudas la que ofrece mayor definición.

#### **5. Radiosensibilidad.**

Es un principio radiobiológico vigente desde 1906 que las células son tanta más radiosensibles cuanto más se multiplican e indiferenciadas son.

Es transcendental el conocimiento de las diferencias en sensibilidad entre el tejido o tumor a tratar y las células sanas del entorno, por fortuna integran el tejido cerebral células muy especializadas, de bajo índice mitótico y más resistentes. (24)

### **ANATOMÍA GENERAL.**

El cráneo (del griego κρανίον kranion y del latín cranium) es una caja ósea que protege y contiene al encéfalo principalmente. Está conformado por la articulación de 8 huesos, que forman una cavidad abierta y ovoide de espesor variable, con una capacidad aproximada de 1.450 ml (en adultos).

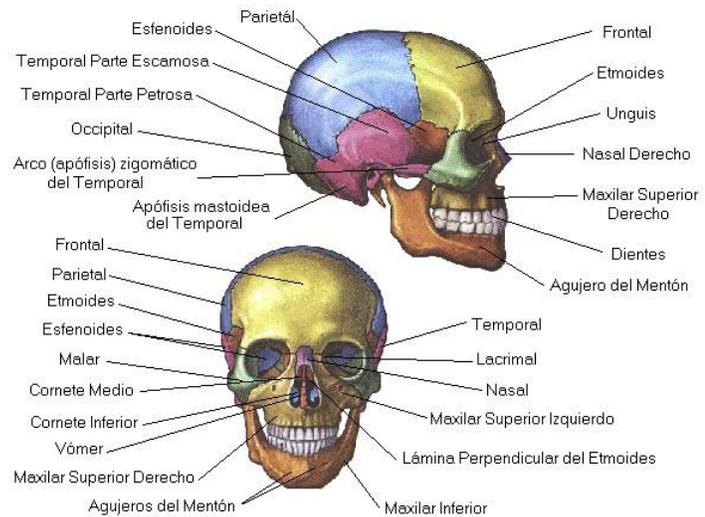
El esqueleto de la cabeza, o macizo esquelético neo-facial, es el conjunto de los huesos del cráneo (ossa cranii PNA) y los huesos de la cara (ossa faciei PNA), conocido como calavera en términos coloquiales, aunque anatómicamente es la cabeza ósea, siendo el cráneo una parte de la cabeza. Es común que cráneo designe a la totalidad de la cabeza ósea, lo cual es impropio en el estudio de la anatomía. Sin embargo, en otros ámbitos (embriología, biología, etc.) se considera el cráneo como sinónimo de esqueleto de la cabeza.

La distinción entre cráneo y cara es muy clara: el cráneo aloja el encéfalo fundamentalmente el -neurocráneo-, mientras que la cara presta inserción a los músculos de la mímica y de la

masticación y aloja algunos de los órganos de los sentidos. El cráneo cumple una función muy importante, ya que se preocupa de contener todo el sistema nervioso central, con excepción de la médula.

Los huesos del cráneo son ocho, cuatro son impares y de situación media, y los otros dos son pares y de situación lateral simétrica. (25)

- Frontal (1)
- Parietal (2)
- Temporal (2)
- Occipital (1)
- Esfenoides (1)
- Etmoides (1)



El sistema nervioso humano, es sin lugar a duda, el dispositivo más complejo ideado por la naturaleza. No solo controla todos los procesos que ocurren en nuestro cuerpo recibiendo información de las diferentes partes del mismo y enviando instrucciones para que la maquinaria funcione correctamente, sino que también nos permite interactuar con el medio ambiente, recibiendo, procesando y almacenando los estímulos recibidos por los órganos de los sentidos.

El sistema nervioso, y en particular el cerebro, constituye una central de inteligencia responsable de que podamos aprender, recordar, razonar, imaginar, crear y gozar de sentimientos.

Todas estas funciones son realizadas por un conjunto de órganos que en total no pesan más de dos kilos pero que contienen varios miles de millones de elementos básicos, las neuronas. La principal forma de organización que presenta el Sistema Nervioso es a través de dividirlo en:

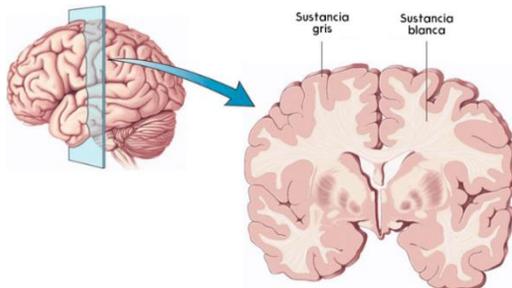
- **Sustancia Gris y Sustancia Blanca.**

**Sustancia gris:**

Corresponde a la parte del Sistema Nervioso Central (SNC) donde están agrupados somas neuronales, dendritas, terminales axonales, sinapsis neuronales, células de glía y abundantes capilares (a los cuales, ésta sustancia debe su color más oscuro, “Gris”). La Sustancia Gris se encarga de integrar reflejos, generar impulsos nerviosos. La sustancia gris la podemos encontrar formando el cortex del cerebro y cerebelo y además formando núcleos al interior del cerebro.



### Sustancia blanca:



Está formada por los axones de las neuronas, principalmente mielínicos (lo que le da el color blanquecino) y oligodendrocitos (células de glía formadoras de la mielina en el SNC). No contiene somas neuronales.

Que sean axones mielínicos significa que están recubiertos por una capa protectora de mielina, que es una sustancia que aumenta la velocidad de conducción. La principal función de la Sustancia Blanca es conducir el impulso nervioso.

El Sistema Nervioso para fines descriptivos y didácticos, se puede clasificar de varias formas, siendo la más usada la que divide al Sistema Nervioso en:

- Sistema Nervioso Central (SNC)
- Sistema Nervioso Periférico (SNP)

### 1. Sistema Nervioso Central

El SNC está formado por el encéfalo y la médula espinal. Por lo que está encargado de las funciones superiores del ser humano, tanto las cognitivas como las emocionales.

Está protegido por estructuras óseas (por el cráneo, en la porción superior y por la columna vertebral en la porción inferior) y además por tres membranas denominadas meninges. Éstas últimas igual protegen a los nervios.

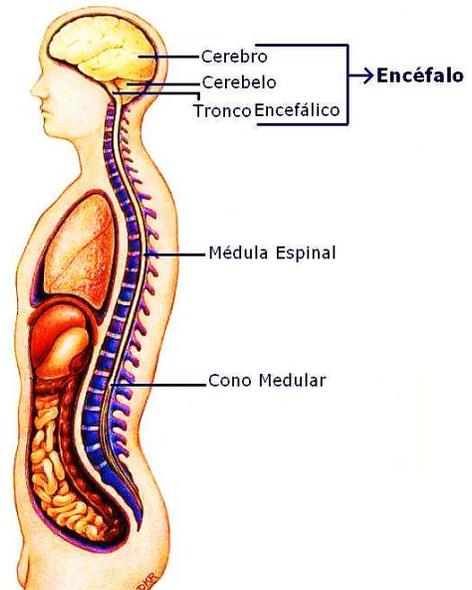
## 2. Sistema Nervioso Periférico

El SNP está representado fundamentalmente por los nervios periféricos que inervan los músculos y los órganos. Los Nervios Periféricos a su vez se subclasifican en Nervios Craneales (si salen del tronco encefálico) y en Nervios Espinales (cuando emergen desde la Médula)

### Encéfalo

El Encéfalo se subdivide en 3 estructuras:

1. Cerebro
2. Cerebelo
3. Tronco Encefálico



### Cerebro:

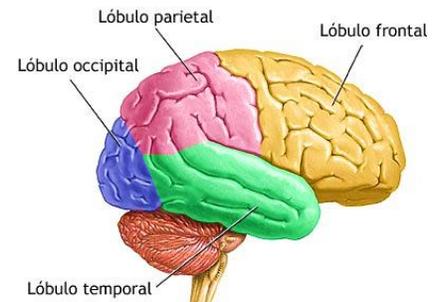
El cerebro es la parte de sistema nervioso más desarrollada que hay. Su corteza (o sustancia gris que lo recubre) es la estructura donde se realizan las funciones cerebrales superiores.

El cerebro está contenido dentro de la cavidad craneana, la cual delimita su crecimiento, haciendo que su superficie de unos 2 mt<sup>2</sup>. pueda caber en su interior, explicando esto el aspecto externo del cerebro, que presenta muchos pliegues, denominados giros.

Con relación al peso, es un poco menor en la mujer que en el hombre (1200 g. en el hombre y 1100 g. en la mujer), lo que no categoriza el Coeficiente Intelectual.

Aunque el cerebro sólo supone un 2% del peso del cuerpo, su actividad metabólica es tan elevada que consume el 20% del oxígeno. De ahí la importancia de hacer ejercicio como técnica de autocuidado.

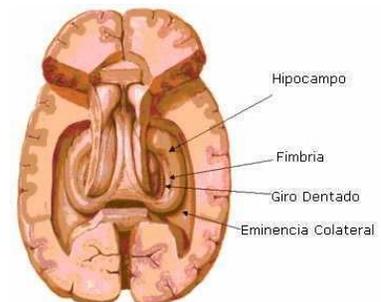
El cerebro lo podemos delimitar en cuatro lóbulos que se denominan frontal, parietal, temporal y occipital. Existe un quinto lóbulo, la ínsula, que no es visible desde fuera del cerebro y está localizado en el fondo de la Fisura Lateral.



Al interior del Cerebro podemos observar una estructura de gran importancia con la Memoria de Corto Plazo y aprendizaje, denominada Hipocampo.

El hipocampo es un área relacionada con la corteza cerebral que se ubica al interior del lóbulo temporal. Mide aproximadamente 3,5 a 4 cm. de longitud anteroposterior.

En un corte coronal se puede ver que se parece al “caballito de mar”, y de ahí el nombre de “hipocampo”, pero en otro contexto histórico se le comparó con un cuerno de carnero por los cuernos de la antigua deidad egipcia Amón Ra. El hipocampo presenta varias capas de neuronas, algunas más sensible a la hipoxia que otras.



Hipoxia significa falta de oxígeno, que se puede producir por una aterosclerosis, por lo tanto, ésta podría ser una causa de la Demencia Senil, es decir, el porqué de cuándo vamos aumentando en la edad somos más propensos a ir perdiendo la memoria, una de las causas puede ser la disminución de la irrigación de las neuronas que están comprometidas en el control de la memoria a corto plazo. Por lo tanto, si no ejercitamos nuestras neuronas, vamos perdiendo memoria. Por lo que es aconsejable resolver crucigramas, puzzles, etc. Otros factores que ayudan a prevenir daños en nuestro hipocampo son: dieta adecuada (rica en antioxidantes, baja en colesterol, etc.) y ejercicio físico regular (ya que permite que se mejore la oxigenación)

La enfermedad de Alzheimer, también se relaciona con esta área, ya que consiste en una degeneración de neurona hipocámpicas, por formación de sustancia amiloide que se acumula entra las neuronas, desconectándolas entre sí. Por lo que se manifiesta clínicamente como una pérdida de la memoria a corto plazo. Este proceso se puede retrasar, pero no parar.

### 1. Cerebelo:

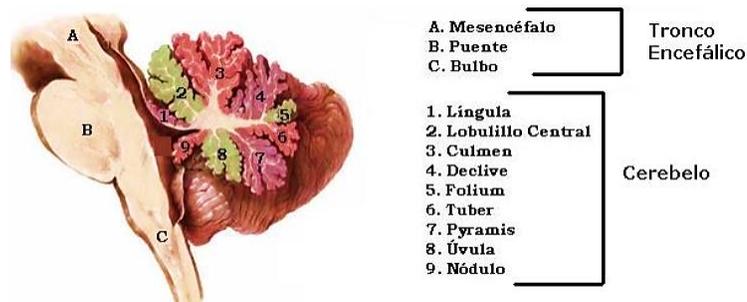
El cerebelo es un cerebro pequeño, que pesa 150 a 180 grs. aprox. (1/8 del peso cerebral)

Su función es predominantemente motora, es el encargado de regular, coordinar y manejar los movimientos, y no la de generarlos, ya que esa es la función del cerebro.

### 2. Tronco Encefálico:

Es un área intermedia entre médula espinal y cerebro. Tiene alrededor de unos 8-10 cms. de altura. Está constituida por 3 parte: el Bulbo), el Puente y el Mesencéfalo.

En el Tronco Encefálico existen gran cantidad de núcleos que son muy importantes para la vida, especialmente los relacionados con el área del bulbo (al pinchar por accidente el bulbo, el individuo muere casi instantáneamente).

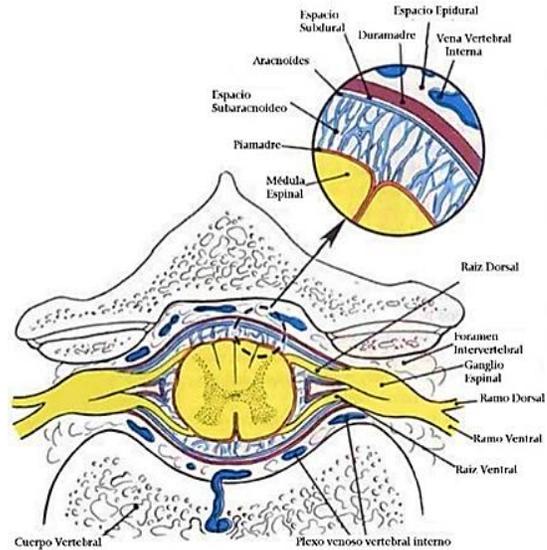


Esquema del tronco Encefálico

**Médula espinal:** La médula espinal es la estructura a través de la cual el encéfalo se comunica con las diferentes partes del organismo. Se localiza dentro del canal vertebral y se extiende desde el foramen magno hasta la unión entre las vértebras L1 y L2 (en adultos)

La longitud de la columna vertebral es de aprox. 73 cm., mientras que la médula mide 45cm. en el hombre y 41-42 cm. en la mujer.

Cabe destacar que la Médula Espinal no es sólo un lugar de paso para las estructuras del SNC hacia la periferia, sino que ella también es capaz de organizar respuestas por sí sola; por ejemplo, reflejos simples. Los reflejos, como el patelar, permiten evaluar diferentes segmentos medulares. (26)



### **Patologías por la que se realiza la radiocirugía.**

1. Tratamiento de malformaciones vasculares cerebrales.
2. Tumores benignos y malignos bien delimitados en la cabeza.
3. Neuralgia del trigémino.
4. Trastornos del movimiento.
5. Trastornos psiquiátricos.
6. Malformaciones arteriovenosas.
7. Neurinomas del acústico.
8. Metástasis cerebrales.
9. Caverniomas.
10. Glomus

### **Malformaciones vasculares cerebrales.**

Las malformaciones vasculares son anomalías presentes siempre en el nacimiento que, al contrario que los hemangiomas, nunca desaparecen y pueden crecer durante toda la vida. La presentación clínica de las malformaciones vasculares es extremadamente variable y va desde manchas asintomáticas con repercusión meramente estética, hasta lesiones de alto flujo o localizaciones peculiares que pueden incluso poner en peligro la vida del enfermo. También al tratarse de enfermedades relativamente raras es difícil alcanzar la suficiente experiencia

en su manejo para establecer pautas contrastadas de tratamiento. Además de una correcta clasificación de las anomalías vasculares, es necesario un enfoque multidisciplinar respecto del seguimiento y las posibilidades terapéuticas de estos pacientes. En la primera parte de esta revisión se abordan las diferentes clasificaciones de las malformaciones vasculares, manteniendo como referencia la sugerida por la ISSVA (International Society for the Study of Vascular Anomalies). Además, se incide en las características clínicas de los diferentes subtipos de malformaciones vasculares, así como sus asociaciones en determinados complejos sindrómicos. (27)

### **Tumores.**

Los tumores cerebrales son un grupo heterogéneo dadas las diferentes líneas celulares que los originan. Pueden ser divididos en dos grandes grupos; lesiones primarias, que se originan de células que pertenecen al sistema nervioso central y lesiones secundarias, que se originan en otros sitios del cuerpo y se implantan como metástasis en el cerebro. Los tumores primarios más frecuentes son el meningioma y el glioblastoma, en tanto, las metástasis más frecuentes son de cáncer pulmonar, mama y piel. Los tumores cerebrales primarios se clasifican en cuatro grados según la Organización Mundial de la Salud (OMS), siendo considerados tumores de “bajo grado” con clasificación I y II, y de “alto grado” las clasificadas como III y IV. Esta clasificación permite establecer un pronóstico en cuanto a la mortalidad teniendo, en general. En la población pediátrica los tumores del sistema nervioso central representan la segunda causa de mortalidad por cáncer, luego de la leucemia, y en población adulta el glioblastoma es el tumor de alto grado más frecuente, con una supervivencia al año y 5 años de 39.3% y 5.5% respectivamente. Los tumores primarios del sistema nervioso central tienen una incidencia de 21,42 por 10000 habitantes (hab) y los tumores secundarios 10 por 10000 habitantes. Sin embargo, si se analizan los datos por grupos histológicos, las metástasis cerebrales son los tumores más frecuentes con la incidencia recién mencionada, seguida por los meningiomas (7,79-8,05 por 100000 hab) y glioblastoma (2,42 –3,26 por 100000 hab). (28)

### **Neuralgia del trigémino.**

La neuralgia del trigémino es definida por la IASP como «dolor paroxístico, unilateral, severo, penetrante, de corta duración, recurrente, en la distribución de una o varias de las ramas del V par craneal». Puede ser esencial o sintomática; secundaria a esclerosis múltiple o lesiones tumorales en el ángulo pontocerebeloso

- Dolor con alguna de las siguientes características:
  1. Intenso, superficial o terebrante.
  2. Precipitado por puntos «trigger».
- Ataques que son estereotipados individualmente por cada paciente.
- No hay evidencia clínica de déficit neurológico.
- No es atribuido a otra causa. (29)

### **Trastornos del movimiento.**

El término «trastornos del movimiento» se refiere a un grupo de afecciones del sistema nervioso (afecciones neurológicas) que provocan un aumento de movimientos anormales, que pueden ser voluntarios o involuntarios. Los trastornos del movimiento también pueden provocar movimientos lentos o reducidos.

Los tipos frecuentes de trastornos del movimiento comprenden:

- **Ataxia.** Este trastorno del movimiento afecta la parte del cerebro que controla el movimiento coordinado (cerebelo). La ataxia puede provocar falta de coordinación o torpeza en el equilibrio, en el habla o en los movimientos de las extremidades, entre otros síntomas.
- **Distonía cervical.** Este trastorno produce contracciones prolongadas (espasmos) o intermitentes de los músculos del cuello y lo hacen girar en diferentes direcciones.
- **Corea.** El corea se caracteriza por movimientos involuntarios, repetitivos, breves, irregulares y bastante rápidos que suelen comprometer el rostro, la boca, el tronco y las extremidades.

- **Distonía.** Este trastorno consiste en contracciones musculares involuntarias y prolongadas con movimientos de torsión repetitivos. La Distonía puede afectar todo el cuerpo (distonía generalizada) o solo una parte de este (distonía localizada).
- **Trastorno funcional del movimiento.** Esta afección puede ser similar a cualquiera de los trastornos del movimiento, pero no se debe a una enfermedad neurológica.
- **Enfermedad de Huntington.** Esta es una enfermedad hereditaria, neurodegenerativa y progresiva que provoca movimientos involuntarios (corea), deterioro de las capacidades cognitivas y trastornos psiquiátricos.
- **Atrofia multisistémica.** Este trastorno neurológico progresivo y poco frecuente afecta muchos sistemas cerebrales. La atrofia multisistémica provoca un trastorno del movimiento, como la ataxia o el parkinsonismo. También puede causar presión arterial baja y afectar el funcionamiento de la vejiga.
- **Mioclono.** Este trastorno produce movimientos espasmódicos sumamente rápidos de un músculo o un grupo de músculos.
- **Enfermedad de Parkinson.** Este trastorno neurodegenerativo de progresión lenta produce temblores, rigidez, lentitud en el movimiento (bradicinesia) o falta de equilibrio. También puede provocar otros síntomas no relacionados con el movimiento.
- **Parkinsonismo.** El parkinsonismo describe a un grupo de afecciones que producen síntomas similares a los de la enfermedad de Parkinson.
- **Parálisis supranuclear progresiva.** Se trata de un trastorno neurológico poco frecuente que causa problemas en la marcha, el equilibrio y el movimiento de los ojos. Puede parecerse a la enfermedad de Parkinson, pero es una afección distinta.
- **Síndrome de las piernas inquietas.** Este trastorno del movimiento produce sensaciones anormales y desagradables en las piernas cuando se relajan o al acostarse que, por lo general, se alivian con el movimiento.
- **Discinesia tardía.** Esta afección neurológica se provoca por el uso prolongado de determinados medicamentos que se utilizan para tratar trastornos psiquiátricos

(medicamentos neurolepticos). La Discinesia tardía provoca movimientos repetitivos e involuntarios, como hacer muecas, pestañear y demás.

- **Síndrome de Gilles de la Tourette.** Esta es una afección neurológica que aparece entre la niñez y la adolescencia, y se asocia a movimientos repetitivos (tics motores) y sonidos vocales (tics vocales).
- **Temblores.** Este trastorno provoca movimientos involuntarios y rítmicos de ciertas partes del cuerpo, como las manos, la cabeza u otras. El tipo más frecuente es el temblor hereditario.
- **Enfermedad de Wilson.** Se trata de un trastorno hereditario poco frecuente que provoca la acumulación de una cantidad excesiva de cobre en el cuerpo, lo que genera problemas neurológicos. (30)

### **Trastornos psiquiátricos.**

Las enfermedades o trastornos mentales son afecciones que impactan su pensamiento, sentimientos, estado de ánimo y comportamiento. Pueden ser ocasionales o duraderas (crónicas). Pueden afectar su capacidad de relacionarse con los demás y funcionar cada día.

### **Tipos de enfermedades mentales**

Existen muchos tipos diferentes de trastornos mentales. Algunos comunes incluyen:

- Trastornos de ansiedad, incluyendo trastorno de pánico, trastorno obsesivo-compulsivo y fobias.
- Depresión, trastorno bipolar y otros trastornos del estado de ánimo.
- Trastornos de la alimentación.
- Trastornos de la personalidad.
- Trastorno de estrés postraumático.
- Trastornos psicóticos, incluyendo la esquizofrenia. (31)

### **Malformaciones arteriovenosas.**

Una malformación arteriovenosa cerebral consta básicamente de ramas arteriales o aferentes, nido y venas de drenaje. Desde un punto de vista anatomopatológico, el nido de la malformación arteriovenosa cerebral se distingue por la presencia de vasos anormalmente conglomerados con paredes irregulares, escleróticas, sin tejido cerebral entre sí ni una red capilar normal. El endotelio vascular y la capa media muscular se engrosan de manera variable, lo que produce la “arterialización” de las venas de drenaje, las cuales pueden volverse ectásicas al ser obligadas a aumentar progresivamente su calibre con el fin de drenar toda la sangre que llega a una malformación arteriovenosa cerebral.

Las arterias son responsables de llevar sangre rica en oxígeno desde el corazón hasta el cerebro. Es así como las venas transportan la sangre escasa en oxígeno de nuevo a los pulmones y al corazón. Una malformación arteriovenosa cerebral altera este proceso vital.

Una malformación arteriovenosa puede manifestarse en cualquier lugar del cuerpo, pero se produce con mayor frecuencia en el cerebro o la columna vertebral. No queda clara la causa de las malformaciones arteriovenosas. La mayoría de las personas nace con ellas, pero en ocasiones se pueden formar más adelante en la vida. No suelen ser genéticamente hereditarias. (27)

### **Neurinoma del acústico**

Es un tumor no canceroso (benigno) que se desarrolla en el nervio del equilibrio y audición desde el oído interno hasta el cerebro. Cuando el tumor ejerce presión sobre el nervio, puedes experimentar pérdida auditiva, mareos, pérdida del equilibrio y zumbido en el oído. A medida que el tumor crece, puede también ejercer presión en los nervios que afectan las sensaciones y el movimiento muscular en la cara.

El neuroma acústico es difícil de diagnosticar en las primeras fases, porque los signos y síntomas suelen pasar desapercibidos y se desarrollan poco a poco con el tiempo. Los síntomas comunes, como la pérdida auditiva, también se asocian a muchos otros problemas del oído medio e interno.

### **Metástasis cerebrales**

Se producen cuando las células cancerosas se propagan de su ubicación original al cerebro. Cualquier tipo de cáncer puede llegar al cerebro, pero los que tienen mayor probabilidad de causar metástasis cerebrales son el de pulmón, el de mama, el de colon, el de riñón y el melanoma. Las metástasis cerebrales pueden formar uno o muchos tumores en el cerebro. A medida que los tumores cerebrales metastásicos aumentan de tamaño, generan presión sobre el tejido cerebral que los rodea y cambian su función. Esto causa signos y síntomas como dolor de cabeza, cambios de personalidad, pérdida de la memoria y convulsiones

El tratamiento para las personas cuyo cáncer se extendió al cerebro puede incluir cirugía, radioterapia, quimioterapia, inmunoterapia o tratamientos combinados. Se pueden recomendar otros tratamientos en determinadas situaciones. El tratamiento se enfoca a menudo en reducir el dolor y los síntomas que son consecuencia del cáncer. (32)

### **Malformaciones cavernosas cerebrales**

Son vasos sanguíneos formados de manera anormal. A diferencia de otros tipos de hemangiomas, los vasos de las malformaciones cavernosas cerebrales, que tienen el aspecto de una mora pequeña, evolucionan y ocasionan problemas en el cerebro y en la médula espinal. Estas malformaciones, cuyo tamaño puede variar desde 2 milímetros hasta varios centímetros de diámetro, pueden ser hereditarias, pero, en la mayoría de los casos, aparecen por sí solas.

Las malformaciones cavernosas cerebrales pueden tener filtraciones de sangre, lo que puede producir sangrado en el cerebro o en la médula espinal. Las hemorragias cerebrales o en la médula espinal pueden causar una amplia variedad de síntomas neurológicos más evidentes, según la ubicación de la malformación cavernosa en el sistema nervioso de una persona.

Las malformaciones cavernosas cerebrales pueden existir sin síntomas aparentes. Los síntomas evidentes suelen ocurrir cuando episodios recurrentes de sangrado o de formación de coágulos de sangre provocan convulsiones en el caso de las malformaciones cavernosas cerebrales del lóbulo superior, o problemas de visión o de foco en el caso de las

malformaciones cavernosas cerebrales en el tronco encefálico, los núcleos basales y la médula espinal.

Sus signos y síntomas de malformaciones cavernosas cerebrales pueden comprender debilidad, entumecimiento, dificultad para hablar, dificultad para comprender a los demás, inestabilidad, cambios en la visión o dolor de cabeza intenso. También pueden producirse convulsiones, y los problemas neurológicos pueden empeorar progresivamente con el tiempo con el sangrado recurrente. (33)

**Glomus:** Es un tumor de la parte del hueso temporal (el cual compromete las estructuras del oído medio e interno). Este tumor puede afectar el oído, la parte superior del cuello, la base del cráneo, al igual que los nervios y los vasos sanguíneos circundantes.

Un tumor del glomus yugular crece en el hueso temporal del cráneo, en una zona llamada agujero yugular. Dicho agujero es también por donde la vena yugular y algunos nervios importantes salen del cráneo. Esta zona contiene fibras nerviosas, llamadas cuerpos glómicos. Normalmente, estos nervios responden a cambios en la temperatura o la presión arterial. (34)

# CAPÍTULO III

### 3.1 Operacionalización de variables.

OBJETIVOS	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	VALORES
Describir el protocolo para la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal.	Protocolo	Protocolo: Son instrumentos desarrollados para ayudar a los profesionales del área de la salud en la toma de decisiones simples o complejas que exijan paradigmas clínicos y subsidios teóricos de confianza para uso de médicos en la asistencia de sus pacientes en el procedimiento.	Protocolo: Descripción del conjunto de procedimientos y técnicas que son utilizados para realizar la radiocirugía.	Observación	Funciones del equipo multidisciplinario de salud. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neurocirujano</li> <li>• Radioterapeuta</li> <li>• Físico medico</li> <li>• Licenciado/a en Enfermería</li> <li>• Licenciado/a en Radiología.</li> <li>• Licenciado/a en Anestesiología.</li> </ul> Desarrollo de la radiocirugía: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos de tratamiento.</li> <li>✓ Acelerador lineal.</li> <li>✓ Gamma Knife.</li> <li>• Procedimiento.</li> <li>• Inmovilización del paciente.</li> </ul>
Identificar los criterios clínicos para la realización del procedimiento	Criterios clínicos	Criterios clínicos: Conjunto de características para la selección de los pacientes que se realiza un procedimiento quirúrgico.	Criterios clínicos: Conjunto de características utilizadas para seleccionar pacientes que se realiza la radiocirugía.	Observación del cuadro clínico del paciente.	Criterios clínicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de la lesión a tratar.</li> <li>• Morfología de la lesión.</li> <li>• Definición y delimitación de la lesión a tratar.</li> <li>• Proximidad de estructuras críticas</li> <li>• Radiosensibilidad.</li> </ul>
Definir edad y sexo del paciente que se realiza el procedimiento	Edad	Edad: Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento.	Edad: Tiempo de vida del paciente que se realiza la radiocirugía.	Cuadro clínico del paciente.	Edades _____

	Sexo	Sexo Son las características biológicas y fisiológicas que definen al hombre y la mujer.	Sexo Se asocia en la distinción entre un hombre y una mujer que se realizan el procedimiento de la radiocirugía.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hombre.</li> <li>• Mujer.</li> </ul>
Identificar las patologías por las que se realiza la radiocirugía	Patologías	Patología: Enfermedad física o mental que padece una persona.	Patología: Conjunto de síntomas de una enfermedad cerebral que padece una persona la cual conlleva a realizarse la radiocirugía.	Cuadro clínico del paciente	Patologías por las que se realiza la radiocirugía: _____

# CAPÍTULO IV

## **4.1 Diseño metodológico**

### **4.1.1 Tipo de estudio.**

**Según el tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información.** La investigación es de tipo prospectiva debido a que se registró la información según se fueron estudiando las variables.

**Según el periodo y secuencia del estudio.** La investigación es de tipo transversal debido a que se realizó en un periodo de tiempo previamente estipulado en el año 2022.

**Según el análisis y alcance de los resultados de la investigación.** Es de tipo descriptiva, ya que permitió recopilar y describir la información sobre la radiocirugía estereotáxica craneal por medio de acelerador lineal y gamma Knife.

### **4.1.2 Universo y muestra**

- **Universo**

Se tomó como universo a los pacientes que se realizaron la radiocirugía estereotáxica en el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer.

- **Muestra**

Se tomó como muestra a diez pacientes que se realizaron la radiocirugía estereotáxica específicamente en la región craneal.

- **Criterios de selección de la muestra.**

La investigación se realizó por un tipo de muestreo no probabilístico, por conveniencia. Por medio del cual solo se seleccionaron pacientes que se les realizaron la radiocirugía estereotáxica craneal excluyendo los otros tipos de radiocirugía pertenecientes a otras regiones del cuerpo humano.

#### **4.1.3 Métodos.**

##### **Observación:**

En la presente investigación se utilizó el método de observación, a través de este se describieron las variables con respecto al procedimiento de la radiocirugía y otras variables planteadas en los objetivos. Brindó un acercamiento más profundo sobre la esencia del procedimiento de la radiocirugía estereotáxica craneal, sustentando la información por profesionales expertos en la temática.

#### **4.1.4 Técnicas, instrumentos y procedimientos.**

✓ **Técnicas.**

La observación.

✓ **Instrumentos.**

Guía de observación.

##### **Procedimiento.**

Se solicitó el consentimiento y se presentó una carta dirigida al jefe del departamento de radioterapia tanto del Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social como del Centro Internacional de Cáncer para obtener acceso a la información correspondiente del procedimiento de la radiocirugía estereotáxica craneal por medio del acelerador lineal y gamma Knife, se solicitó autorización para recabar la información correspondiente al procedimiento en el cual se asistió al Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer, los días y horas programadas en las cuales se llevaron a cabo las radiocirugías. Posteriormente se dio inicio con la observación de las variables planteadas en la investigación, finalizando con la revisión de los datos recolectados, se procedió a la elaboración de tablas simples y gráficos para el análisis y presentación de resultados.

#### **4.1.5 Validación de los instrumentos (prueba piloto).**

Se verificó que el instrumento elaborado por el grupo investigador cumplió con los siguientes criterios:

- **Validez:** este criterio se refiere a que las variables de cada objetivo que se han establecido sean medibles, que el contenido de los diferentes instrumentos tenga coherencia y congruencia.
- **Confiabilidad:** se refiere a que los resultados obtenidos en los diferentes instrumentos no cambien al momento de realizar la prueba piloto, es decir que no presenten ambigüedades o generar confusión entre los diferentes instrumentos.
- Ya habiendo verificado que el instrumento cumple con estos dos criterios, se procedió a realizar las correspondientes correcciones, según sea el caso.

#### **4.1.6 Recursos.**

Para la realización de la presente investigación se contó con recursos humanos los cuales son:

Dos integrantes del grupo investigador con una asesora profesional experta en la elaboración de trabajo de grado.

Se contó con recursos materiales como computadoras, plataformas digitales, dispositivos móviles entre otros.

La investigación fue viable ya que el grupo investigador posee los recursos financieros para llevar a cabo la investigación.

#### **4.1.7 Consideraciones éticas**

**Esta investigación es viable éticamente por:**

##### **1. Consentimiento y permiso pertinentes**

Se contó con el consentimiento de la jefatura a cargo del departamento de radioterapia del Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional del Cáncer, accediendo de manera oficial a la información referente a la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal.

##### **2. Privacidad sobre la identidad del paciente y manejo discrecional de la información personal**

Se respetó los derechos que tiene cada paciente para limitar la información personal y datos confidenciales, la información para identificar al paciente se manejó estrictamente por el grupo investigador con discreción solo para fines investigativos sustrayendo solamente datos clínicos como la edad y sexo del paciente, respetando que los nombres y números de afiliación no sean mostrados en tablas ni gráficos pertinentes.

- **Valor investigativo.**

La investigación se centró en ser metodológica garantizando la validez científica de la temática que se investigó. Se centró únicamente en identificar, describir y divulgar el conocimiento sobre el procedimiento de la radiocirugía estereotáxica craneal y las patologías relacionadas, en la cual la prioridad de su enfoque es únicamente educativa.

#### **4.1.8 Plan de tabulación de la información.**

El vaciado de los datos de los instrumentos de la observación se realizó mediante una tabla simple o tabla de palotes permitiendo así una forma práctica y sencilla del conteo de la información recolectada. Los datos fueron resumidos en tablas de distribución de frecuencia porcentual las cuales constan: Nombre y número de tabla, variable y sus opciones: frecuencia y frecuencia porcentual. Dichas tablas se utilizaron para reflejar los datos obtenidos por la observación.

#### **4.1.9 Plan de análisis de resultados.**

Para realizar el proceso de analizar los datos se utilizó el programa de Microsoft llamado Excel el cual facilitó la presentación de los resultados con su respectiva representación gráfica, se utilizó gráficas de pastel y de barras según ameriten el estudio con su respectivo análisis e interpretación de los datos presentados para la comprobación de la información obtenida y así se cumplieron con los objetivos planteados en la investigación.

#### **4.1.10 Plan de socialización.**

La socialización del tema de investigación y los resultados que se obtengan fueron presentados por el grupo investigador al jurado calificador con experiencia a la temática y los invitados, abordado por medio de un programa de presentación de diapositivas que sirvió

como apoyo visual en la cual se evaluó cada punto tocado en la ponencia por medio de preguntas relacionadas al proceso de investigación, evaluando el alcance y el nivel de manejo del tema que posee cada miembro del grupo investigador.

La presentación en Power Point incluía ciertos aspectos los cuales fueron: El planteamiento del problema, Marco teórico, Diseño metodológico y presentación de resultados entre otros, en el cual cada integrante se dividió equitativamente la información del tema de investigación la cual se expuso frente a un jurado calificador expertos en la temática e invitados. Para la socialización se tomaron en cuenta diversas herramientas tecnológicas y audiovisuales que permitieron facilitar la presentación de los resultados obtenidos en la investigación

# CAPÍTULO V

### 5.1 Presentación y análisis de resultados.

**TABLA 1: Equipo Multidisciplinario que participa en la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal.**

Equipo Multidisciplinario.	Instituto Salvadoreño del Seguro Social	Centro Internacional de Cáncer
Médico Neurocirujano	1	1
Médico Radioterapeuta	1	1
Físico Medico	1	1
Licenciado en Radiología e Imágenes	2	1
Personal de Enfermería	1	1
Licenciado en Anestesiología		1
TOTAL	6	5

#### **Interpretación de resultados.**

En la tabla 1, presenta el equipo multidisciplinario que participó en la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal en 10 pacientes, los cuales 5 pacientes corresponden al Hospital Médico Quirúrgico Y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y 5 pacientes del Centro Internacional de Cáncer.

El equipo multidisciplinario que participó en la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal en las dos instituciones sujetas a este estudio fueron: 1 Medico Neurocirujano, 1 Medico Radioterapeuta, 1 Físico Medico, 1 Enfermera. Exceptuando los Licenciados en Radiología e Imágenes los cuales participaron 2 en el Hospital Médico Quirúrgico Y Oncológico Del Instituto Salvadoreño del Seguro Social ya que estos realizan varias funciones desde la simulación incluyendo la manipulación del equipo LINAC y en la Clínica Privada solamente 1, el cual participó solamente en la simulación del tratamiento. Otra excepción es el recurso de Licenciado en Anestesiología, que se encontró en la clínica privada, quien se encarga de administrar el medio de contraste y anestesia local.

**Tabla 2: Participación del equipo multidisciplinario en el procedimiento de la radiocirugía estereotáxica craneal.**

Participación del Equipo Multidisciplinario.	Instituto Salvadoreño del Seguro Social			Centro Internacional de Cáncer		
	Antes	Durante	Después	Antes	Durante	Después
Medico Neurocirujano	X	X	X	X	X	X
Medico Radioterapeuta		X	X		X	X
Físico Medico	X	X	X	X	X	X
Licenciado en Radiología e Imágenes	X	X	X	X		
Personal de Enfermería	X	X	X	X	X	X
Licenciado en Anestesiología				X		X

**Interpretación de resultados.**

La tabla 2 demuestra la participación del equipo multidisciplinario en las diferentes etapas del procedimiento de la radiocirugía estereotáxica craneal las cuales son: antes, durante y después. Donde el médico neurocirujano en ambas instituciones sujetas a estudio está presente en las 3 etapas desde la colocación del marco estereotáxico, el diseño del plan, hasta la finalización del procedimiento.

El médico radioterapeuta en las dos instituciones está presente en la etapa durante y después, ya que el participa en la planeación del tratamiento estableciendo las dosis junto a medico neurocirujano y el físico médico. El físico medico participa antes, durante y después del procedimiento, desde la colocación del marco, la calibración del equipo, supervisa los cálculos y mediciones para determinar la dosis, hasta finalizar el tratamiento por si llegan a existir parámetros que puedan afectar la exactitud del tratamiento. El licenciado en radiología e imágenes en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social participa en las 3 etapas, desde la simulación con el tomógrafo hasta la finalización manipulando el equipo LINAC suministrando el tratamiento de acuerdo a la prescripción y planificación de los médicos y el físico. En cambio, en la clínica privada solamente participa en la toma de imágenes en la Resonancia Magnética para la simulación del tratamiento. El personal de enfermería en ambas instituciones participa en las 3 fases del tratamiento asistiendo a los médicos y asistiendo al paciente en lo que requiera durante todo el tratamiento. Una diferencia entre ambas instituciones es la participación del licenciado en anestesiología en la clínica privada, que es el encargado de administrar la anestesia al paciente si se necesita y el medio de contraste al momento de realizar la simulación en la Resonancia Magnética, igualmente que

el personal de enfermería está pendiente del paciente durante las tres etapas del procedimiento.

**TABLA 3: Funciones Medico Neurocirujano.**

<b>Funciones</b>	<b>Instituto Salvadoreño del Seguro Social</b>	<b>Centro Internacional de Cáncer</b>
Identificación de la patología según anatomía	X	X
Diseño del plan de tratamiento según la anatomía y fisiología de la patología	X	X
Delimitar el volumen objetivo y dosis máximas en estructuras críticas	X	X
Aplicación de anestesia local	X	X
Colocación del marco estereotáxico	X	X

**Interpretación de resultados.**

En la tabla 3, se muestran las funciones que se observaron que realiza el Médico Neurocirujano en la radiocirugía estereotáxica craneal, tanto en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social como el Centro Internacional de Cáncer, las cuales son: Identificación de la patología según anatomía, diseño del plan de tratamiento según la anatomía y fisiología de la patología, delimitar el volumen objetivo y dosis máximas en estructuras críticas, la aplicación de anestesia local, la colocación del marco estereotáxico con los pines fijadores mediante un torquímetro.

**TABLA 4: Funciones Médico Radioterapeuta.**

<b>Funciones</b>	<b>Instituto Salvadoreño del Seguro Social</b>	<b>Centro Internacional de Cáncer</b>
<b>Interpretación del caso clínico</b>	X	X
<b>Diseño del plan de tratamiento según la anatomía y fisiología de la patología</b>	X	X
<b>Indicar la dosis del volumen objetivo y dosis máximas en estructuras críticas.</b>	X	X

### **Interpretación de resultados.**

En la tabla 4 se demuestran las funciones del Medico Radioterapeuta, tanto en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social como en el Centro Internacional, las cuales son: la interpretación del caso clínico, el diseño del plan del tratamiento y la indicación de dosis que recibirá la lesión a tratar.

<b>Funciones.</b>	<b>Instituto Salvadoreño del Seguro Social</b>	<b>Centro Internacional de Cáncer</b>
<b>Verificación del equipo de radiocirugía del sistema de planeación y calibración.</b>	X	X
<b>Vigilar los parámetros que puedan afectar la exactitud del tratamiento</b>	X	X
<b>Mediciones del contorno craneal</b>	X	X
<b>Evaluar la distorsión de imágenes</b>	X	X
<b>Definición de las imágenes en espacio estereotáxico</b>	X	X
<b>Parámetros de tratamiento.</b>	X	X
<b>Realización la planeación de tratamiento de la dosis, según el diámetro, el volumen de la lesión.</b>	X	X

**TABLA 5: Funciones del Físico Medico.**

### **Interpretación de resultados.**

De la tabla anterior se puede mencionar que el Físico Medico, que labora en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social como en el Centro Internacional de Cáncer, realiza las siguientes funciones: verificación del equipo de radiocirugia, vigilar los parámetros del tratamiento, mediciones del contorno craneal, evaluar la distorsión de imágenes, definición de las imágenes, realización de la planeación de dosis. Se puede resaltar que la principal diferencia en las funciones del físico médico entre ambas instituciones están relacionadas con los equipos utilizados para el tratamiento, ya que en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social se utiliza un Acelerador Lineal lo que implica que el físico médico verifica la correcta alineación de los láseres que sirven para el posicionamiento preciso del paciente antes del tratamiento y de la adecuada relación del haz de irradiación con respecto a un punto cuando gira el cabezal del acelerador, función que no realiza el físico médico que labora en el Centro Internacional ya que trabaja con el equipo Gamma-Knife.

**TABLA 6: Funciones del Licenciado en Radiología e Imágenes.**

<b>Funciones.</b>	<b>Instituto Salvadoreño del Seguro Social</b>	<b>Centro Internacional de Cáncer</b>
<b>Adquisición de imágenes radiológicas del cerebro</b>	X	X
<b>Posicionamiento del paciente.</b>	X	
<b>Colocación de materiales de inmovilización</b>	X	
<b>Operar el equipo de radiocirugía</b>	X	
<b>Introduce los datos del paciente en la computadora según los parámetros técnicos que los doctores y el físico han estipulado</b>	X	

### **Interpretación de resultados.**

Según lo planteado en la tabla 6 se demuestran las funciones del Licenciado en Radiología e imágenes en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer la cual se resume que en ambas instituciones realizan la adquisición de imágenes para la simulación del tratamiento. Según lo observado existen diferencias con respecto a las funciones del Licenciado en radiología e imágenes en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social ya que realiza otras funciones como: la manipulación del equipo de tratamiento, alineación de los laser por medio de los controles de la mesa con las indicaciones del físico médico, elabora y utiliza accesorios de inmovilización en dado caso se utilice máscara termoplástica y con estas funciones participa en todo el proceso. En cambio, en el Centro Internacional de Cáncer realiza una función específica la cual es la adquisición de imagen por medio de la Resonancia Magnética y esta principal diferencia radica en los tipos de equipos que se utilizan para el procedimiento porque de ello implica la disminución o incremento de las funciones.

**TABLA 7: Funciones del Personal de Enfermería.**

Funciones.	Instituto Salvadoreño del Seguro Social	Centro Internacional de Cáncer
Proveer el apoyo, medicamentos y equipos necesarios durante la colocación del marco estereotáxico	X	X
Realizar la parte asistencial y preventiva que el paciente requiere durante todo el procedimiento	X	X

**Interpretación de resultados.**

Dentro de la información establecida en la tabla 7 se observó que en ambos establecimientos sujetos a investigación el personal de enfermería realiza las siguientes funciones: asistir con medicamentos y equipos necesarios durante la colocación del marco estereotáxico al personal médico que realiza el procedimiento, realizar la parte asistencial y preventiva que el paciente requiera durante todo el procedimiento. De lo observado no se encontró diferencias que realiza el personal de enfermería en ambas instituciones.

**TABLA 8: Funciones del licenciado en anestesiología**

Funciones.	Instituto Salvadoreño del Seguro Social	Centro Internacional de Cáncer
Administrar la anestesia al paciente en caso de ser requerida	-	X
Administrar medio de contraste.	-	X
Estar pendiente en todo el procedimiento del paciente.	-	X

**Interpretación de resultados.**

En la tabla 8 se presentan las funciones del licenciado en anestesiología en el Centro Internacional de Cáncer, ya que el Instituto del Seguro Social no cuenta con este recurso dichas funciones son: administración de anestesia y medio de contraste para la simulación del tratamiento.

**TABLA 9: Equipos de tratamiento utilizados para la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal.**

<b>Equipos utilizados para radiocirugía estereotáxica craneal</b>	<b>Instituto Salvadoreño del Seguro Social</b>	<b>Centro Internacional de Cáncer</b>
Acelerador Lineal	2	1
Gamma-Knife	0	1

### **Interpretación de resultados.**

En la tabla anterior se reflejan los equipos utilizados al momento de realizar la radiocirugía estereotáxica craneal en las 2 instituciones presentaron diferencias observadas en el equipo utilizado. En el Hospital Médico Quirúrgico Y Oncológico Del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, el equipo de tratamiento utilizado es el Acelerador Lineal, cuentan con dos tipos de equipos los cuales son: el Acelerador Lineal UNIQUE, el cual funciona con una energía de 6 MeV, que utiliza marco estereotáxico craneal y el Acelerador Lineal TRILOGY, que cuenta con diferentes tipos de energía que corresponden a: 6, 12, 18, 22 MeV, el cual utiliza máscara termoplástica, dentro de los cuales se tratan las patologías dependiendo de su morfología. En cambio, en el Centro Internacional de Cáncer cuenta con un acelerador lineal, sin embargo, por contar con el Gamma-Knife Infini el cual consta con 30 fuentes de Co-60 posicionadas simétricamente en 6 arreglos de 5 fuentes cada uno, por lo tanto, al ser un equipo de alta gama, especialmente diseñado para realizar radiocirugías craneales, se prefiere utilizar este equipo para realizar el procedimiento. El Acelerador Lineal se utiliza para radiocirugías fraccionadas a los pacientes por varios días consecutivos.

**TABLA 10: Equipos utilizados para la Simulación de la radiocirugía estereotáxica craneal.**

Equipos utilizados para la simulación de la radiocirugía estereotáxica craneal.	Instituto Salvadoreño del Seguro Social	Centro Internacional de Cáncer
	Acelerador lineal	Gamma-knife
Tomografía Computarizada	X	
Resonancia Magnética		X

### Interpretación de resultados.

En la tabla 10, se muestran los equipos utilizados en la adquisición de imágenes para la simulación del tratamiento en las dos instituciones donde se observó el procedimiento. En el Hospital Médico Quirúrgico Y Oncológico Del Instituto Salvadoreño del Seguro Social el equipo utilizado para la simulación es la Tomografía. En cambio, el Centro Internacional de Cáncer el equipo de imágenes utilizado para la simulación es la Resonancia Magnética debido a que el equipo Gamma-Knife requiere una imagen de calidad óptima para la diferenciación de estructuras anatómicas como patológicas. Además, se observó que al utilizar la Resonancia Magnética se administra material de contraste el cual es el Gadolinio.

**TABLA 11: Procedimiento para la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal.**

Pasos del procedimiento	Instituto Salvadoreño del Seguro Social	Centro Internacional de Cáncer
1. Selección del paciente	X	X
2. Colocación del marco estereotáxico en la cabeza	X	X
3. Colocación de accesorios de inmovilización.	X	X
3. Simulación (Pruebas de diagnóstico por imágenes)	X	X
4. Registro de imágenes en el sistema de planificación.	X	X
5. Planificación y cálculo del plan de dosis de tratamiento	X	X
6. Posicionamiento del paciente	X	X
7. Administración del tratamiento	X	X
8. Finalización de tratamiento.	X	X

### **Interpretación de resultados.**

En la tabla anterior se presentan los pasos del procedimiento de la radiocirugía estereotáxica craneal tanto en el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer, los cuales son: Selección del paciente, Colocación del marco estereotáxico, colocación de accesorios de inmovilización, simulación, registro de imágenes en el sistema de planificación, planificación, cálculo del plan de dosis de tratamiento, posicionamiento del paciente, administración del tratamiento y finalización del tratamiento. Se puede resaltar que en las 2 instituciones observadas el procedimiento lo realizan de forma similar, solamente se observaron algunas diferencias en cuanto a: El paso de la simulación en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social se realiza mediante la Tomografía Computarizada, se utiliza marco estereotáxico craneal o máscara termoplástica, mientras que el Centro Internacional de Cáncer se realiza con Resonancia Magnética, se le administra al paciente medio de contraste para diferenciación de estructuras anatómicas y patológicas del cerebro, se utiliza marco estereotáxico y un casco con muchos orificios que ayudan a enfocar los rayos de radiación a la lesión.

**TABLA 12: Patologías por las que se realizaron la radiocirugia estereotáxica craneal en ambas instituciones.**

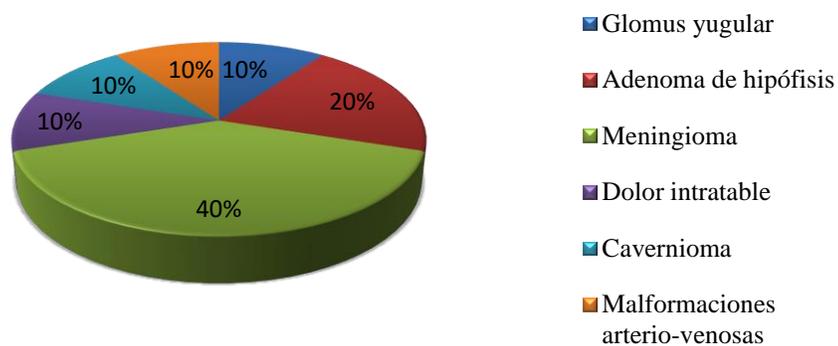
<b>Patologías por las que se realizaron la radiocirugia estereotáxica craneal</b>	<b>Instituto Salvadoreño del Seguro Social</b>	<b>Centro Internacional de Cáncer</b>	<b>Fr %</b>
Glomus Yugular		1	10%
Adenoma de Hipófisis	1	1	20%
Meningioma	3	1	40%
Dolor Intratable		1	10%
Cavernioma	1		10%
Malformaciones Arterio-venosas		1	10%
TOTAL	5	5	100%

### **Interpretación de resultados.**

Según la tabla 12, se observaron las siguientes patologías por las que se realiza la radiocirugia estereotáxica craneal tanto en el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto

Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer. En el Instituto Salvadoreño del Seguro social el meningioma es la patología por la que más realiza el procedimiento, con una incidencia de 3 pacientes y 1 paciente en el Centro Internacional de Cáncer correspondiendo al 40%, el adenoma de hipófisis con 2 pacientes, uno de cada institución siendo el 20%, y 4 patologías se realizaron solamente 1 vez, las cuales fueron el Glomus yugular, dolor intratable y malformaciones arterio-venosas en el Centro Internacional de Cáncer, y el Cavernioma en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social, siendo así que cada una corresponde al 10% del total de la muestra en estudio.

**Grafica 12 Patologías por las que se realiza la radiocirugía estereotáxica craneal**



**TABLA 13: Tiempo de duración de la radiocirugía estereotáxica craneal según la patología.**

Patologías	Tiempo	Instituto Salvadoreño del Seguro Social	Centro Internacional de Cáncer
Glomus Yugular	5 horas		1
Adenoma de Hipófisis	5 horas	1	1
Meningioma	4 horas	3	1
Dolor Intratable	7 horas		1
Cavernioma	4 horas	1	
Malformaciones Arterio-venosas	4 horas		1
TOTAL	42 horas	5	5

### Interpretación de resultados.

Según la tabla 12, se muestran los siguientes datos observados respecto al tiempo de duración de la radiocirugía estereotáxica craneal según las patologías en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer: Se observó que la radiocirugía estereotáxica craneal por Cavernoma solo se realizó una vez, en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social con una duración de 4 horas. Las patologías Glomus Yugular, Malformaciones Arteriovenosas y dolor intratable solo se realizaron en el Centro Internacional de Cáncer, teniendo un tiempo de duración en el caso del Glomus Yugular 5 horas, para las Malformaciones arteriovenosas 4 horas y Dolor intratable de 7 horas. Las radiocirugías estereotáxicas craneales que se realizaron tanto el Instituto Salvadoreño del Seguro Social como en el Centro Internacional de Cáncer fueron: El Meningioma con 4 radiocirugías con una duración de 4 horas y el Adenoma de Hipófisis con una radiocirugía estereotáxica craneal en cada institución con una duración de 5 horas.

**TABLA 13: Criterios clínicos para la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal.**

<b>Criterios Clínicos para la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal</b>	<b>Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto</b>	<b>Centro Internacional de Cáncer</b>
Volumen de la lesión a tratar	X	X
Proximidad a estructuras críticas.	X	X
Morfología de la lesión	X	X
Definición y delimitación de la lesión a tratar.	X	X
Radiosensibilidad.	X	X

### Interpretación de resultados.

La tabla 13, refleja los criterios clínicos que se observaron tanto en el Instituto Salvadoreño del Seguro social como en el Centro Internacional de Cáncer para la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal, siendo los siguientes: el criterio del volumen de la lesión a tratar, consiste en que las patologías donde su tamaño no sobrepase los 3 cm de diámetro para realizar una radiocirugía, la proximidad de las estructuras críticas hace referencia a la

proximidad de la lesión con las estructuras del interior del cráneo tales como el nervio óptico, el quiasma, tronco cerebral, tálamo y capsula interna, la lesión debe tener una proximidad a estas estructuras sea mayor de 5 mm. La morfología de la lesión se refiere a que al momento del tratamiento a las lesiones con bordes regulares no presentan dificultad para la planificación de dosis en cambio sí es de morfología irregular no es un criterio de exclusión, pero puede presentar una dificultad adicional. Definición y delimitación de la lesión a tratar, este criterio está ligado a la precisión de la Tomografía Computarizada y Resonancia Magnética de la lesión a tratar, ya que de estas se obtienen las coordenadas que delimitan el volumen blanco. La Radiosensibilidad hace referencia la sensibilidad que tienen los tejidos o tumor a la radiación dependiendo de su forma, entre más irregulares sean tendrán más radiosensibilidad. Estos criterios son tomados en cuenta tanto en el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer.

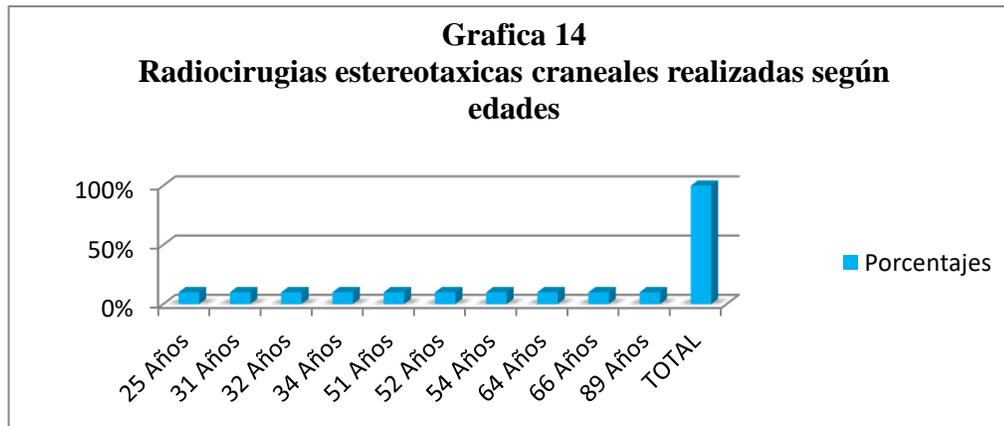
**TABLA 14: Radiocirugías estereotáxicas craneales realizadas según edad del paciente.**

Edades por las que se realiza la radiocirugía estereotáxica craneal	Fr	Fr%
25	1	10%
31	1	10%
32	1	10%
34	1	10%
51	1	10%
52	1	10%
54	1	10%
64	1	10%
66	1	10%
89	1	10%
TOTAL	10	100%

**Interpretación de los resultados**

La tabla 14 demuestra las edades de los pacientes los cuales 5 Pacientes son del Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y 5 pacientes del Centro Internacional de Cáncer de los cuales se obtuvieron los siguientes datos: Ordenado de menor a mayor se observaron las edades de 25, 31, 32, 34, 51, 52, 54, 64, 66 y 89 años, sin repetirse ninguna de ellas. Cada edad obtenida corresponde a un valor porcentual del 10%

del estudio dividiéndose en partes iguales para llegar a un total del 100%. Es por ello que se deduce que la edad no es factor determinante para realizarse el procedimiento en ambas instituciones.



**Tabla 15: Radiocirugía estereotáxica craneal realizadas según sexo.**

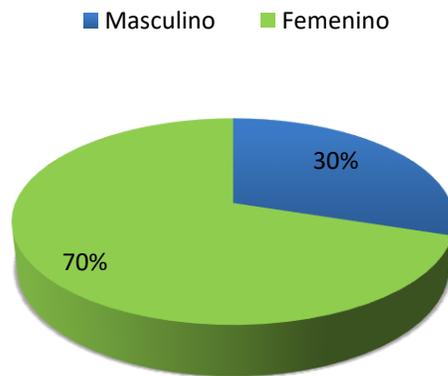
Sexo	Masculino	Femenino	Fr	Fr%
Paciente 1	0	1	1	10%
Paciente 2	1	0	1	10%
Paciente 3	1	0	1	10%
Paciente 4	0	1	1	10%
Paciente 5	0	1	1	10%
Paciente 6	0	1	1	10%
Paciente 7	0	1	1	10%
Paciente 8	1	0	1	10%
Paciente 9	0	1	1	10%
Paciente 10	0	1	1	10%
TOTAL	3	7	10	100%

**Interpretación de resultados.**

La tabla 15, demuestra el sexo de 10 pacientes que se realizaron la radiocirugía estereotáxica craneal, 5 Pacientes del Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y 5 Pacientes Centro Internacional de Cáncer de los cuales se obtuvieron los siguientes datos: 7 pacientes siendo un porcentaje del 70% son del sexo femenino y del sexo masculino solamente 3 pacientes corresponden a un porcentaje del 30% siendo esta la

de menor frecuencia. Es por ello según lo observado, el sexo femenino puede ser más propenso de padecer afecciones que ameriten la realización del procedimiento.

**Grafica 15**  
**Radiocirugías estereotaxicas craneales realizadas según sexo.**



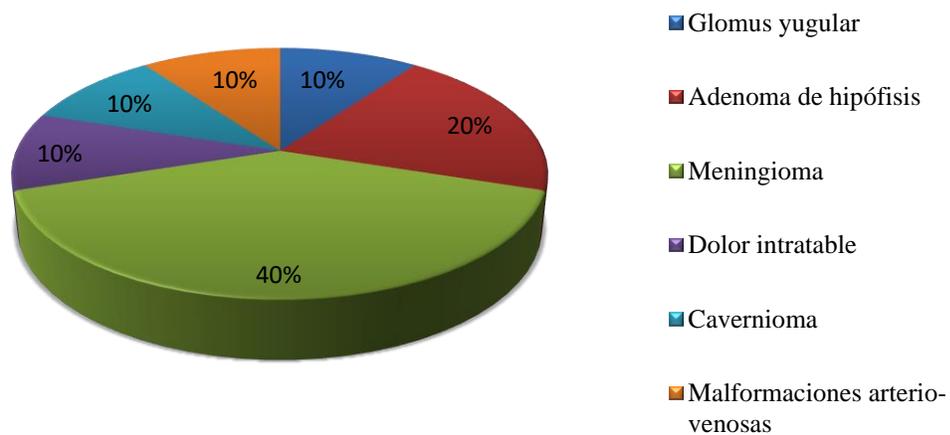
**Tabla 16: Patologías más frecuentes por las que se realiza la radiocirugía estereotáxica craneal según edad y sexo.**

Patologías	Edad	Femenino	Masculino	Fr	Fr%
<b>Glomus Yugular</b>	25 años	1	0	1	10%
<b>Adenoma de Hipófisis</b>	31 años	0	1	2	20%
	66 años	1	0		
<b>Meningioma</b>	32 años	0	1	4	40%
	52 años	1	0		
	64 años	1	0		
	89 años	1	0		
<b>Dolor Intratable</b>	34 años	1	0	1	10%
<b>Cavernioma</b>	51 años	1	0	1	10%
<b>Malformaciones Arterio-venosas</b>	54 años	1	0	1	10%
<b>TOTAL</b>	10	10		10	100%

### Interpretación de resultados.

Según la tabla 16, se observaron las patologías por las que se realiza la radiocirugía estereotáxica craneal según la edad y el sexo en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Centro Internacional de Cáncer, en la cual el meningioma es la patología con mayor incidencia para realizar el procedimiento y según lo observado es más frecuente en el sexo femenino con 3 pacientes y 1 del sexo masculino con edades correspondientes a 32, 52, 64 y 84 años correspondiente al 40%, el adenoma de hipófisis con 1 paciente del sexo femenino de 66 años y 1 paciente masculino de 31 años correspondiendo al 20%. El glomus yugular con un paciente del sexo femenino de 25 años, el dolor intratable con un paciente femenino de 34 años, el cavernioma con un paciente femenino de 51 años y 1 paciente femenino de 54 con malformaciones arteriovenosas, siendo así que cada una corresponde al 10% del total de la muestra en estudio.

**Grafica 16 Patologías más frecuentes por las que se realiza la radiocirugía estereotáxica craneal según edad y sexo**



# CAPÍTULO VI

## 6.1 Conclusiones

Por los datos obtenidos en la investigación se concluye que:

- En el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social se cuenta con 2 tipos de Aceleradores Lineales poseen diferente energía, dependiendo de las patologías y acorde a su forma deben realizarse en un LINAC específico, si la afección tiene bordes definidos se realiza en el equipo Varian UNIQUE que posee fotones de 6 MV y si la afección no posee bordes definidos se realiza en el equipo Varian TRILOGY con electrones de 6, 9, 12, 15, 18, 22 MV.
- En el Centro Internacional de Cáncer cuenta con Gamma-Knife con fuente de radiación natural siendo este el Cobalto60 y Acelerador Lineal, pero se utiliza el Gamma-Knife debido a que cuenta con mayor precisión para realizar la radiocirugía estereotáxica craneal en una sola sesión, dejando al Acelerador Lineal para procedimientos en sesiones fraccionadas y para otras partes del cuerpo humano.
- **En el Instituto Salvadoreño del Seguro Social los pasos que se realizan para la radiocirugía estereotáxica craneal son de la siguiente manera:** 1. **Selección del paciente:** según la patología que presente el paciente será seleccionado dependiendo de los criterios clínicos si amerita realizarse la radiocirugía. 2. **Colocación del marco estereotáxico:** dependiendo de la morfología de la patología se optará por realizarlo con marco estereotáxico o máscara termoplástica, si se realiza con máscara se cita un día antes del procedimiento para elaborarla a la medida del cráneo del paciente y obtenga la consistencia requerida. Si se realiza con marco, éste se coloca el mismo día del tratamiento, para lo cual se utilizan pines de diferentes tamaños y se fijan mediante un torquímetro, dependiendo de la morfología del cráneo. 3. **Simulación:** se realiza una adquisición de imágenes por medio de una Tomografía Computarizada,

al utilizar máscara termoplástica se realiza el día de la elaboración de ésta, en cambio con el marco estereotáxico craneal se realiza el mismo día del procedimiento. **4. Registro de imágenes en el sistema de planeación:** Al finalizar la simulación, se procede a enviar las imágenes obtenidas al sistema de planificación computarizado. **5. Planificación de dosis:** Se contornean la lesión y las estructuras sanas adyacentes radiosensibles, se identifica y selecciona el plan de irradiación que mejor se adapte a la morfología de la lesión, procurando administrar menos dosis de radiación a las estructuras sanas, posteriormente en conjunto, el médico radioterapeuta, el neurocirujano y el físico médico prescriben la dosis de radiación adecuada para la lesión. **6. Posicionamiento del paciente:** se coloca al paciente en decúbito supino en dirección craneocaudal al equipo de tratamiento, en caso de utilizar máscara termoplástica se utilizan marcadores como punto de referencia para evitar irradiar estructuras adyacentes en el tratamiento. Se colocan accesorios de inmovilización al paciente tales como: apoya rodillas, apoya pies, Overlay para estabilidad de la parte superior del cuerpo del paciente. **7. Administración del tratamiento:** Antes de iniciar el tratamiento se debe realizar la verificación de las coordenadas numéricas x, y, z por el físico Médico obtenidas en la planificación, con respecto a los láseres que apuntan al isocentro de la lesión para la adecuada relación entre el haz de irradiación y el cabezal del acelerador, ya sea que se utilicen conos o micromultiláminas para la conformación del haz. **8. Finalización del tratamiento:** El paciente debe contar con un acompañante debido a que es un proceso ambulatorio, por lo tanto, puede retirarse el mismo del tratamiento y guardar reposo. El **procedimiento** de la radiocirugía estereotáxica craneal en el **Centro Internacional de Cáncer** es de forma similar, sin embargo, se observaron algunas diferencias las cuales son: el procedimiento se realiza solamente con marco estereotáxico craneal, y un casco con muchos orificios que ayudan a enfocar los rayos de radiación a la lesión. La simulación se realiza mediante resonancia magnética, el mismo día de tratamiento, la marcación utilizada para punto de referencia es el sulfato de cobre, también se utiliza aceite de bacalao como sustituto del sulfato de cobre brindando los mismos resultados. También se utiliza un marcador para orientar si el paciente se realiza por primera o segunda vez la radiocirugía, el

cual consiste en la colocación al lado derecho del cráneo de una capsula de vitamina E y si se trata de la segunda ocasión se coloca una capsula en ambos lados del cráneo, para evitar confusiones. Se posiciona al paciente en la mesa con el cráneo dentro del equipo Gamma Knife, se colocan los accesorios de inmovilización correspondientes, en la ejecución del tratamiento la adecuada posición de los colimadores es de forma automática, puesto que, al realizar los giros según las coordenadas al pasar por las estructuras adyacentes a la lesión delimitadas en la planeación, estos se cierran evitando irradiarlas.

- Es importante el posicionamiento exacto del paciente en el tratamiento, se involucran varios factores tales como inmovilización, fijación de la cabeza del paciente, la alineación de los isocentros y el movimiento del gantry y la camilla en el equipo del acelerador lineal. En ambos equipos de tratamiento la calidad imágenes utilizadas en la etapa de la planeación, permiten verificar la posición del volumen a tratar.
- Con respecto al equipo multidisciplinario, ambas instituciones cuentan con: un médico neurocirujano, médico radioterapeuta, físico médico, y el personal de enfermería. Se observó algunas diferencias referentes a las funciones del Licenciado en Radiología, ya que en el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social cuenta con dos recursos que están presentes antes, durante y después del procedimiento, en cambio en el Centro Internacional de Cáncer el licenciado en radiología participa en el proceso de simulación del tratamiento, esta diferencia es por el tipo de equipo de tratamiento que se utiliza para realizar la radiocirugía estereotáxica craneal. Otra diferencia es la participación del licenciado/a en anestesiología en el Centro Internacional de Cáncer, en cambio en el Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social no utilizan este recurso.
- Los criterios clínicos que se observaron tanto en el Instituto Salvadoreño del Seguro social como en el Centro Internacional de Cáncer para la realización de la radiocirugía

estereotáxica craneal, son los siguientes: **el volumen de la lesión a tratar**, consiste en que las patologías donde su tamaño no sobrepase los 3 cm de diámetro para realizar una radiocirugía, **la proximidad de las estructuras críticas** hace referencia a la proximidad de la lesión con las estructuras del interior del cráneo tales como el nervio óptico, el quiasma, tronco cerebral, tálamo y capsula interna, la lesión debe tener una proximidad a estas estructuras sea mayor de 5 mm. La **morfología de la lesión** se refiere a que al momento del tratamiento a las lesiones con bordes regulares no presentan dificultad para la planificación de dosis en cambio sí es de morfología irregular no es un criterio de exclusión, pero puede presentar una dificultad adicional. **Definición y delimitación** de la lesión a tratar, este criterio está ligado a la precisión de la Tomografía Computarizada y Resonancia Magnética de la lesión a tratar, ya que de estas se obtienen las coordenadas que delimitan el volumen blanco. La **Radiosensibilidad** hace referencia la sensibilidad que tienen los tejidos o tumor a la radiación dependiendo de su forma, entre más irregulares sean tendrán más radiosensibilidad.

- Los pacientes que se realizaron la radiocirugía estereotáxica craneal las edades fueron: 25, 31, 32, 34, 51, 52, 54, 64, 66 y 89 años, se observó que la edad no es un factor determinante para realizarle el procedimiento debido a que no se presentó un patrón establecido y no se repitieron edades. Con respecto al sexo se pudo observar predominio al sexo femenino representando el 70% mientras que el sexo masculino solo representó el 30% según la muestra que se realizó de la radiocirugía estereotáxica craneal.
- En cuanto a la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal por patologías en ambas instituciones, se observó que la patología por la que más frecuentemente se realizó el procedimiento es el meningioma que corresponde a un 40% de la muestra en estudio, el Adenoma de Hipófisis con un 20%. Las de menor incidencia son el Glomus Yugular, dolor intratable, malformación arteriovenosas y cavernioma representando un 10% cada una del total de la muestra.

- La Radiocirugía Estereotáxica Craneal está enfocada principalmente en patologías de tumores benignos en el cual su objetivo es modificar la estructura genética del tumor respetando los tejidos circundantes por medio de una concentración de alta dosis de radiación sobre la lesión y en los tumores malignos como la metástasis o pacientes con cáncer en etapa terminal la Radiocirugía Estereotáxica Craneal se enfoca en dar tratamientos paliativos.

## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda:

- **Al director de la carrera de radiología e imágenes de la Universidad de El Salvador:**  
Gestionar con el docente que imparte la materia de radioterapia el profundizar sobre el tema de radioterapia por la importancia que representa para el abordaje de patologías craneales por medio de la radiocirugía estereotáxica craneal.
- **Al Jefe de departamento de Radioterapia del Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social:**  
Continúe recibiendo a estudiantes de radiología para practicar, adquirir y fortalecer sus conocimientos acerca de la radioterapia y la radiocirugía estereotáxica craneal.
- **Al Jefe de departamento de radioterapia del Centro Internacional de Cáncer:**  
Sigán abriendo las puertas a los estudiantes de radiología para poder fortalecer sus conocimientos en el área de radioterapia desde un punto de vista en cuanto a la atención de un sistema privado de salud.
- **A los estudiantes de la carrera de Radiología e Imágenes de la Universidad de El Salvador:**  
Tomen en cuenta esta investigación sobre la radiocirugía estereotáxica craneal como punto de partida para realizar otras investigaciones de esta índole, como por ejemplo la radiocirugía estereotáxica craneal funcional ya que existen una variedad de patologías que pueden ser tratadas por este procedimiento tales como enfermedades mentales, tales como la depresión, trastornos de movimiento, entre otras. Por otra parte, por la constante innovación tecnológica en el área de radioterapia.

### Fuentes de información

- 1 Clínica de Radioterapia Siglo XXI. [Online]; 2022. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en:  
. <https://www.siglo21.cr/radiocirugia-estereotaxica-craneal>.
- 2 Lovo E, Minervini M, Campos F, Caceros V, Alvergue P, Moreira , et al. Resultados Iniciales en  
. radiocirugía funcional utilizando un bisturí de rayos gamma rotatorios. [Online]; 2017. Acceso 28 de  
marzo de 2022. Disponible en:  
<https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://aanc.org.ar/ranc/files/original/458aabb76955d8343f15cb21a1074f1b.pdf>.
- 3 Neurocirugía Contemporánea. Lars Leksell. [Online]; 2019. Acceso 28 de marzo de 2022. Disponible en:  
. <http://neurocirugiacontemporanea.com/doku.php?id=leksell>.
- 4 Serratos F, Guillermo FS, Aceves AG, Campos JES, Farias NM. Historia de la radioneurocirugía. [Online].;  
. 2011. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/a ne-2011/ane112j.pdf>.
- 5 Group, Summa Media. El Salvador cuenta con primer Centro Internacional de Cáncer. [Online]; 2011.  
. Acceso 18 de abril de 2022. Disponible en: <https://revistasumma.com/9391/>.
- 6 Serratos F, Farias Serratos G, Gutiérrez Aceves A, Suárez Campos JE, Farias NM. Historia de la  
. radioneurocirugía. [Online]; 2011. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en:  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane112j.pdf>.
- 7 Radiocirugía estereotáctica (SRS/SBRT). [Online]; 2021. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en:  
. <https://www.radiologyinfo.org/es/info/stereotactic>.
- 8 Ucsd.edu. Radiocirugía. [Online]; 2020. Acceso 28 de marzo de 2022. Disponible en:  
. <https://myhealth.ucsd.edu/Spanish/RelatedItems/85,P08477>.
- 9 Farias Elgueta SP. EVALUACIÓN DOSIMÉTRICA DE TRATAMIENTOS CON LEKSELL GAMMA KNIFE EN  
. PRESENCIA DE INHOMOGENEIDADES. [Online].; 2018. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en:  
<https://repositorio.uc.cl/handle/11534/22217>.
- 1 Salcedo Cantedo J. Determinación in vitro del Índice de Conformidad para la Evaluación de Planes de  
0 Tratamiento 3D en Radiocirugía Estereotáctica Intracraneal. [Online].; 2011. Acceso 20 de marzo de  
. 2022. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/225081528\\_Determinacion\\_in\\_vitro\\_del\\_Indice\\_de\\_Conformidad\\_para\\_la\\_Evaluacion\\_de\\_Planes\\_de\\_Tratamiento\\_3D\\_en\\_Radiocirugia\\_Estereotactica\\_Intracraneal#pf16](https://www.researchgate.net/publication/225081528_Determinacion_in_vitro_del_Indice_de_Conformidad_para_la_Evaluacion_de_Planes_de_Tratamiento_3D_en_Radiocirugia_Estereotactica_Intracraneal#pf16).
- 1 paramisalud. Radiocirugía. [Online]; 2020. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en:  
1 <https://www.paramisalud.com/Spanish/RelatedItems/85,P08477>.

- 1 Anzola CA. VERIFICACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE DOSIS EN EL ISOCENTRO DE GAMMA KNIFE MEDIANTE  
2 DOSIMETRÍA DE GEL DE AGAROSA. [Online].; 2014. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en:  
. [https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Microcolimador-de-multilaminas-de-un-LINAC-Milenio-Varian-Khan-2010\\_fig5\\_263467838](https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Microcolimador-de-multilaminas-de-un-LINAC-Milenio-Varian-Khan-2010_fig5_263467838).
- 1 Radiology Oncology Systems. Varian Unique Linear Accelerator. [Online] Acceso 29 de Septiembre de  
3 2022. Disponible en: <https://www.oncologysystems.com/inventory/medical-equipment-for-sale/used-linear-accelerators/varian-unique-linear-accelerator-3>.
- 1 Reyes W. Descripción general de Infini™ y temas de seguridad..  
4  
.
- 1 ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. TÉCNICAS DE CUARTO DE MOLDES PARA  
5 TELETERAPIA. [Online].; 2004. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PRTM-4s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PRTM-4s_web.pdf).
- 1 Micromar. Sistema estereotaxico. [Online]. Acceso 15 de agosto de 2022. Disponible en:  
6 <https://www.micromar.com/catalogos/es/Sistema-Estereotactico-Aimssystem.pdf>.  
.
- 1 INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL. MANUAL DEL SERVICIO DE RADIOTERAPIA ISSS.  
7 [Online].; 2017. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en:  
. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEw\\_iDj\\_Cg4MD6AhXBUjABHerXBC0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.transparencia.gob.sv%2FInstituti-ons%2Fisss%2Fdocuments%2F492794%2Fdownload&usg=AOvVaw17yDEPUMTPkj6B8RxOrzS1](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEw_iDj_Cg4MD6AhXBUjABHerXBC0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.transparencia.gob.sv%2FInstituti-ons%2Fisss%2Fdocuments%2F492794%2Fdownload&usg=AOvVaw17yDEPUMTPkj6B8RxOrzS1).
- 1 Lujan Castilla PJ, Durán Cruz M, Enríquez Barrera M, García Muñoz L, Hernández Oviedo J, Barragán  
8 Pérez. Radiocirugía estereotáxica con acelerador lineal (LINAC). Informe de la experiencia técnica en el  
. manejo de 100 casos en el Hospital General de México. [Online].; 2005. Acceso 20 de marzo de 2022.  
Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0016-38132005000500004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132005000500004).
- 1 Aristu JJ, Ciérvide R, Guridi J, Moreno M, Arbea L, Azcona JD, et al. Radioterapia estereotáctica. [Online].;  
9 2009. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v32s2/original7.pdf>.  
.
- 2 Sira Davila E. [Online].; 2014. Acceso 29 de septiembre de 2022. Disponible en:  
0 [https://www.researchgate.net/figure/Figura-219-Cascos-colimadores-del-Gamma-Knife\\_fig9\\_303912145](https://www.researchgate.net/figure/Figura-219-Cascos-colimadores-del-Gamma-Knife_fig9_303912145).

- 2 Milquevich NCC. Aplicación del Test de Winston Lutz en el control de calidad de aceleradores lineales  
1 para Radiocirugía Estereotáctica. [Online].; 2017. Acceso 15 de agosto de 2022. Disponible en:  
. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/4807>.
- 2 Gamma Knife del Pacífico. Gamma Knife. [Online]; 2020. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en:  
2 <https://blog.gammaknifedelpacifico.com/gamma-knife-como-se-compara-con-los-sistemas-de-acelerador-lineal>.
- 2 Fleni. [Online] Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.fleni.org.ar/gamma-knife/>.  
3  
.
- 2 Vila F. Radiocirugía estereotáctica. criterios de selección. [Online]; 1994. Acceso 15 de agosto de 2022.  
4 Disponible en: <https://docplayer.es/47150958-Radiocirugia-estereotaxica-criterios-de-seleccion.html>.  
.
- 2 Neurocirugía Contemporánea. neuroanatomía. [Online]; 2019. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible  
5 en: <http://neurocirugiacontemporanea.com/doku.php?id=craneo>.  
.
- 2 med.ufro. Neuroanatomía. [Online]. Acceso 14 de marzo de 2022. Disponible en:  
6 [https://www.med.ufro.cl/neuroanatomia/archivos/aportes/neuroanatomia\\_basica.pdf](https://www.med.ufro.cl/neuroanatomia/archivos/aportes/neuroanatomia_basica.pdf).  
.
- 2 Redondo, P.. Malformaciones vasculares (I). Concepto, clasificación, fisiopatogenia y manifestaciones  
7 clínicas. [Online]; 2009. Acceso 20 de MARZO de 2022. Disponible en:  
. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001731007700388>.
- 2 Contreras LE. EPIDEMIOLOGÍA DE TUMORES CEREBRALES Revista Médica Clínica Las Condes. [Online].;  
8 2017. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en:  
. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864017300585>.
- 2 Robaina Padrón FJ. Neuralgia del Trigémino. Revisión del tratamiento médico y quirúrgico Rev. Soc. Esp.  
9 Dolor vol.15 no.4. [Online].; 2008. Acceso 20 de marzo de 2022. Disponible en:  
. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1134-80462008000400007](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-80462008000400007).
- 3 Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER). Trastornos del movimiento. [Online]  
0 Acceso 13 de marzo de 2022.  
.
- 3 MedilinePlus. Enfermedades mentales. [Online]; 2021. Acceso 13 de marzo de 2022. Disponible en:  
1 <https://medlineplus.gov/spanish/mentaldisorders.html>.  
.

- 3 Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER). Metástasis cerebral. [Online]; 2022.  
2 Acceso 19 de abril de 2022. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/brain-metastases/symptoms-causes/syc-20350136>.
- 3 Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER). Malformaciones cavernosas. [Online]  
3 Acceso 27 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/cavernous-malformations/symptoms-causes/syc-20360941>.
- 3 MedlinePlus en español. Tumor del glomus. [Online]; 2021. Acceso 29 de septiembre de 2022. Disponible  
4 en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001634.htm>.
- .

## ANEXOS

### Glosario

**Radiobiología:** Es una rama de la ciencia especializada en estudiar los efectos de las radiaciones ionizantes en los seres vivos.

**Gadolinio:** El Gadolinio es un metal paramagnético que se utiliza para acelerar el tiempo de relajación de los protones, por lo que aumenta en las resonancias magnéticas los tiempos T1 y disminuye los T2.

**Radioterapia:** se basa en que las radiaciones ionizantes presentan la capacidad de producir radicales libres al interactuar con la materia y ceder la energía que vehiculizan, produciendo roturas de enlaces en moléculas biológicas, siendo la más sensible el ADN.

**Radiación:** La radiación es la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material

**Decaimiento Radiactivo:** Es un proceso por el cual un núcleo inestable de un átomo pierde energía emitiendo partículas de radiación para alcanzar su estabilidad.

**Dispersión de radiación:** Conjunto de fotones que tras su interacción con la materia o debido a su baja energía se desvían del eje tubo-placa o tubo-detector y no contribuyen a formar la imagen.

**Morfología:** es la disciplina encargada del estudio de la estructura de un organismo o taxón y sus componentes o características.

**Tomografía computarizada:** es la obtención de imágenes con rayos X de cortes o secciones de algún objeto.

**Resonancia Magnética:** es una tecnología de imágenes no invasiva que produce imágenes anatómicas tridimensionales detalladas, sin el uso de la radiación dañina.

**Isocentro:** El isocentro del LINAC es definido como un punto en el espacio, que representa la intersección de los ejes de rotación del gantry, el colimador y la mesa, generalmente este punto se localiza a 100 cm del blanco de rayos X.

**SRS fraccionado:** Radiocirugía estereotáxica fraccionada (SRS o SBRT, por sus siglas en inglés) permite administrar una dosis aun mayor de radiación a las lesiones cerebrales, en muy pocas sesiones, preservando al máximo la estructura y función de las células normales vecinas.

**Radiosensible:** es la sensibilidad que tienen los diferentes tejidos y células a las radiaciones ionizantes

**Escleróticas:** es una membrana de color blanco, gruesa, resistente y rica en fibras de colágeno que constituye la capa más externa del globo ocular.

**Inhomogeneidad:** Condición de no ser homogéneo.

## Abreviaturas

SRS: Radiocirugía estereotáxica.

SBRT: Radioterapia Corporal Estereotáxica.

LGK: Leksell gamma knife.

IRM o RMN: resonancia magnética.

TC: Tomografía Computarizada.

IMRT: Radioterapia de intensidad modulada.

LINAC: Acelerador lineal.

MV: Megavoltaje.

keV: Unidad de medida de energía (Kilo Electronvoltio).

MeV: Unidad de energía (megaelectronvoltio).

UM: Unidades Monitor.

mMLC: Colimadores micromultiláminas.

MAV: Malformación arteriovenosa.

IASP: Asociación Internacional para el Estudio del Dolor.

EPID: Sistemas electrónicos de imagen portal.

OBI: On-Board Imaging.

## Anexo 1 Centro Internacional de Cáncer. Colocación de marco estereotáxico.

### Marco estereotáxico



### Tornillos o pines de fijación



### Calibrador



### Colocación de marco estereotáxico



## Anexo 2 Simulación de tratamiento con RM.

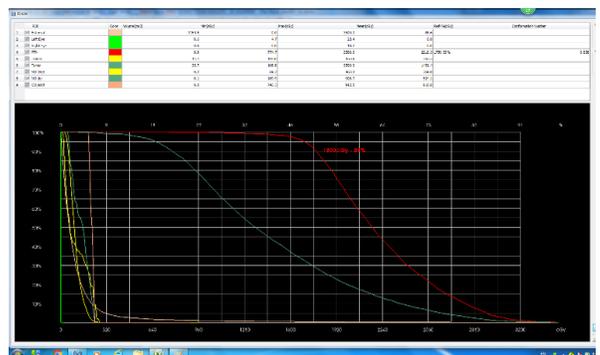
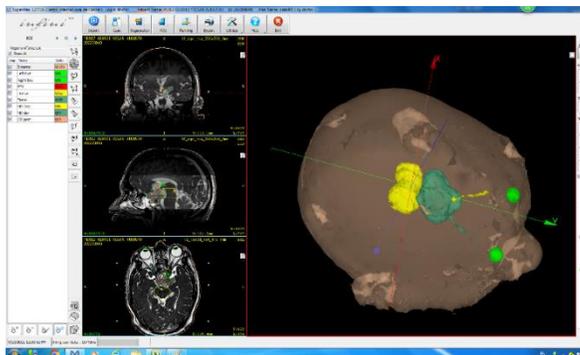
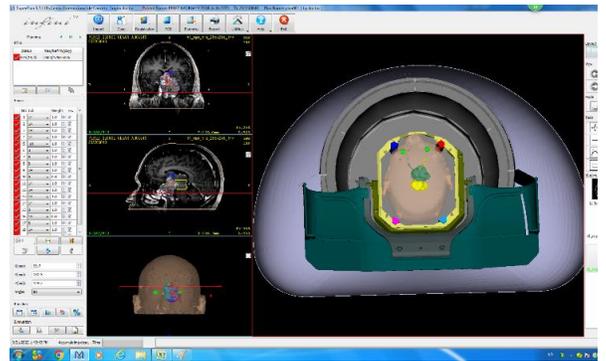
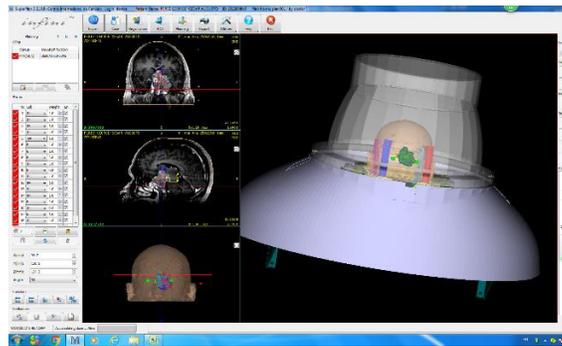
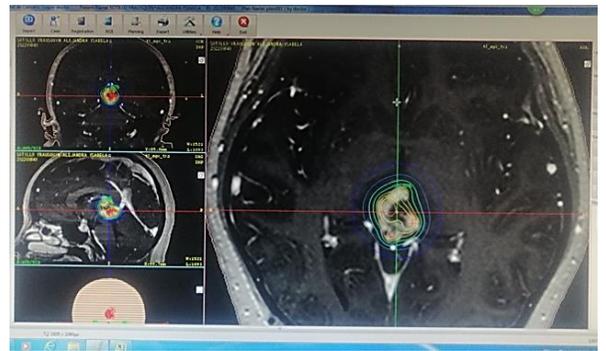
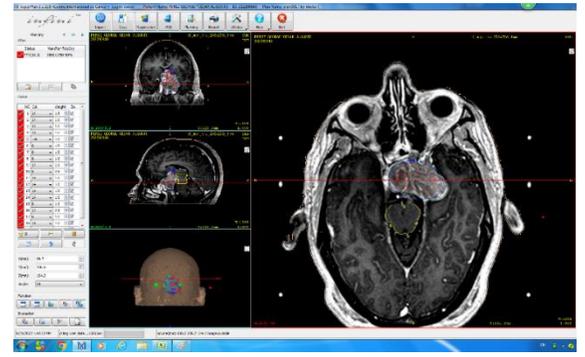
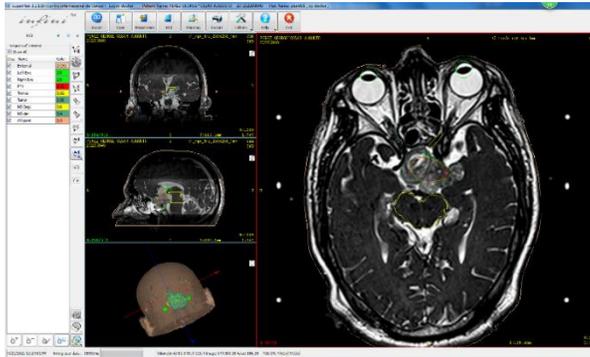
### IRM Centro Internacional de Cáncer



### Medición de la altura de las marcas en la RM



### Anexo 3 Planeación del tratamiento.



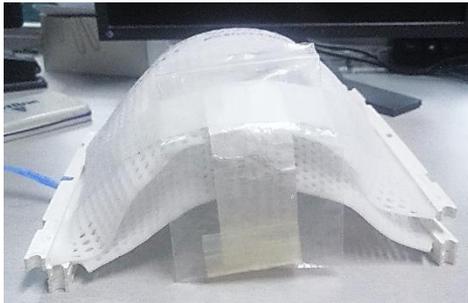
## Anexo 3 Tratamiento.

### GAMMA KNIFE INFINI Centro Internacional de Cáncer



**Anexo 4. Instituto Salvadoreño del Seguro Social. Colocación de marco estereotáxico y máscara termoplástica.**

**Máscara termoplástica**

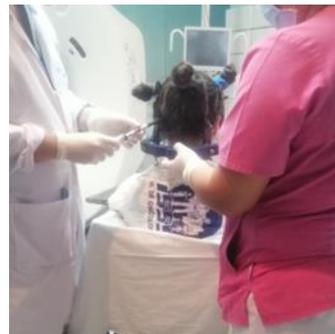


**Moldeamiento de la máscara**

**Marco estereotáxico**



**Colocación de marco**



**Tornillos de fijación**

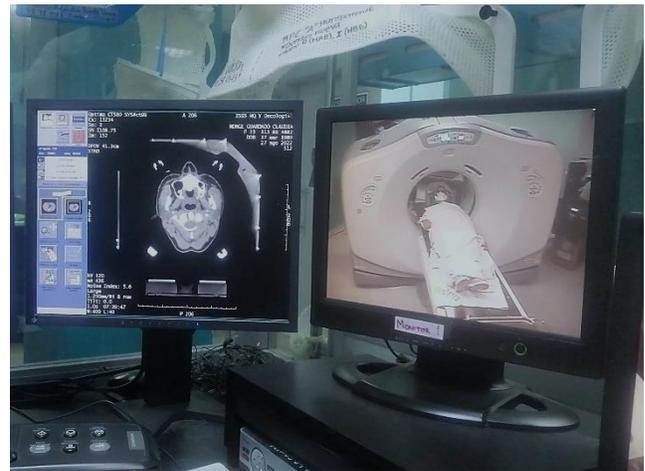


**Torquímetro: para fijar los tornillos**



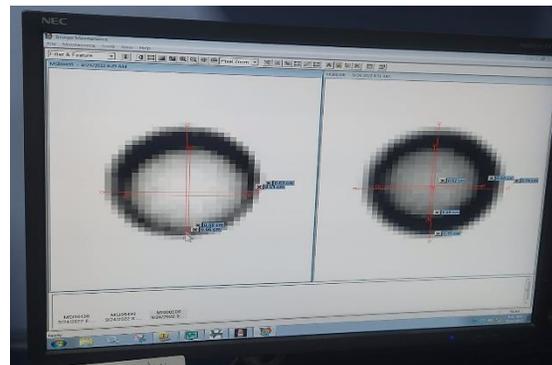
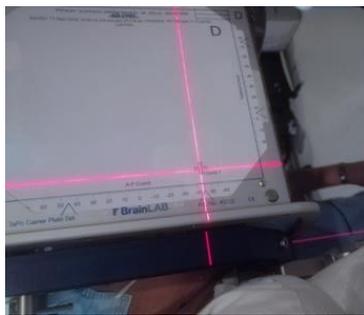
## Anexo 5. Simulación con TAC.

### Tomógrafo ISS

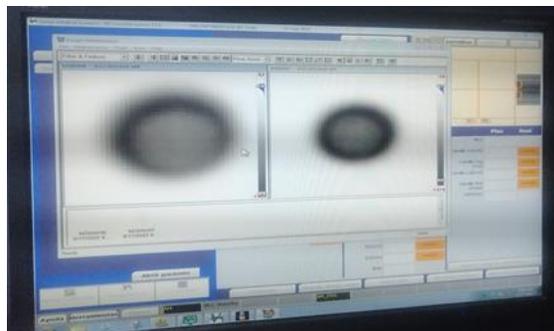


## Anexo 6. Planeación del tratamiento.

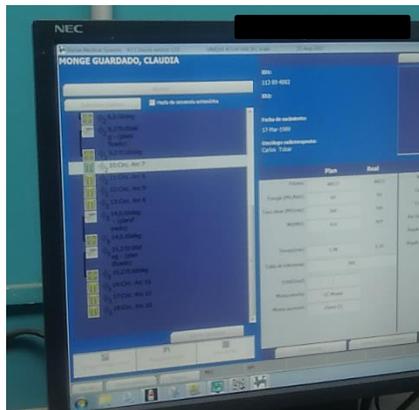
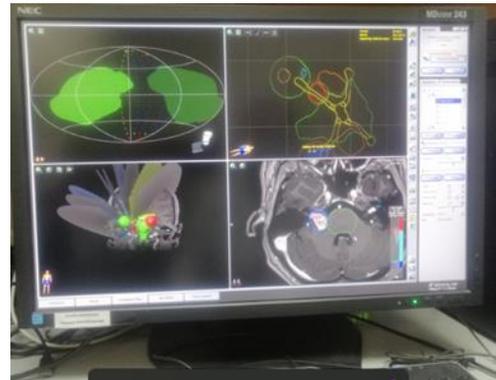
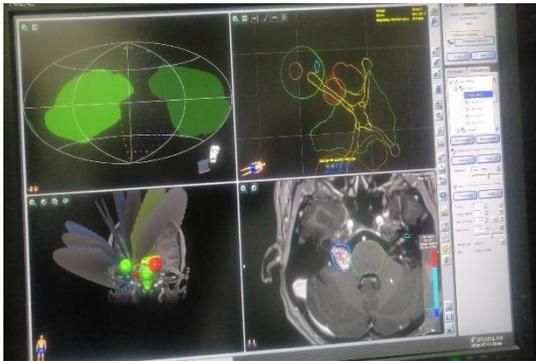
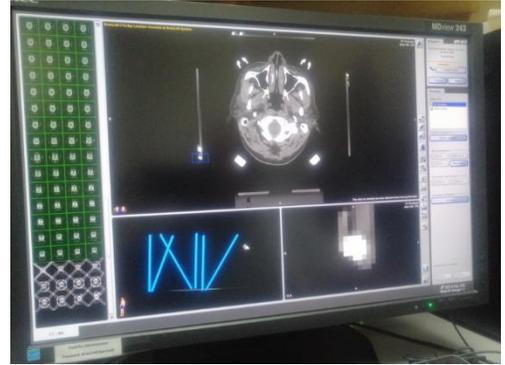
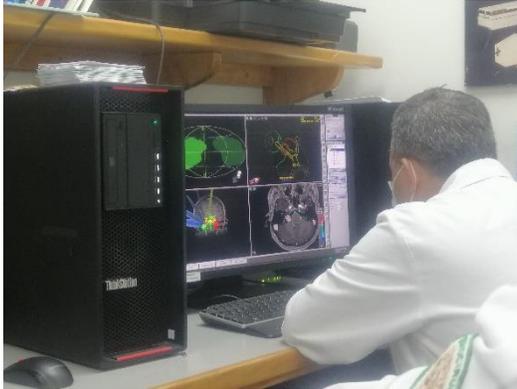
### Alineación de los laser con el Winston Lutz en LINAC UNIQUE



### Alineación de los laser con el Winston Lutz en LINAC TRILOGY

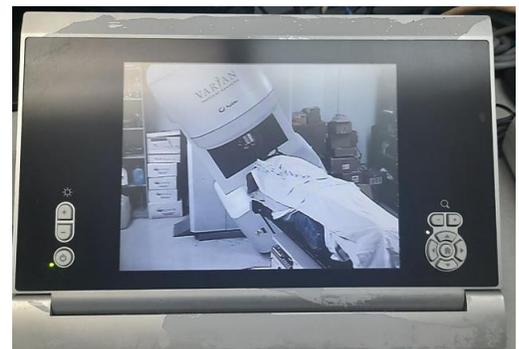


## Planeación

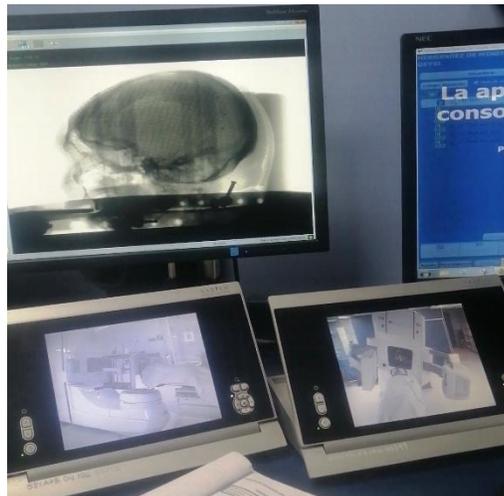


Anexo 7. Tratamiento.

LINAC UNIQUE ISSS



# LINAC TRILOGY ISSS



CLINICO		UR 1		UR 2		TIEMPO		PROP DOSIS		SIMETRIA	
UR 1	UR 2	0	0	0.00	0.00	0	0	+0.0	+0.0	TIN	RDL
330				0.89		500					
CHP	TIPO DE TRATAMIENTO	ENERGIA	UM	ORIG	INIC	FIN	TIEM	ACCESORIO			
ACP	X	6 MV	330	UM	340.0	200.0	120	0.59 NO ACCESSORY			
Presione las teclas MOVIMIENTO PERPITIDO y >> para empezar el movimiento.											
POSICIONES DESTINO											
BTN COL	0.0	gpa	COL V1	cm	URT CAM	cm					
CARPO V	4.5	cm	COL V2	cm	LNG CAM	cm					
CARPO X	4.5	cm	COL X1	cm	LAT CAM	cm					
BTN CAB	340.0	gpa	COL X2	cm	RTN CAM	gpa					
BTN COL	0.0	gpa	COL V1	cm	URT CAM	16.7	cm				
CARPO V	4.5	cm	COL V2	cm	LNG CAM	36.2	cm				
CARPO X	4.5	cm	COL X1	cm	LAT CAM	2.3	cm				
BTN CAB	64.1	gpa	COL X2	cm	RTN CAM	33.0	gpa				
F1	FIN	F2	F3	F4	F5	F6					





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA DE RADIOLOGIA E IMÁGENES



San Salvador, 19 de septiembre 2022

Dr. Alfredo Calles  
Jefe del Departamento de Radioterapia  
Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico ISSS  
Presente.  
Respetable Dr. Calles.

Reciba un cordial saludo de parte de los bachilleres Guillermo Ernesto Olivo Ipiña y Salma Nataly Regalado Mejía egresados de la carrera de Licenciatura en Radiología e imágenes de la facultad de medicina, Universidad de El Salvador en el año 2021.

Nos dirigimos a usted para solicitarle autorización para observar y sustraer datos clínicos: Edad y sexo, diagnóstico de la patología, y dosis de tratamiento de los pacientes que se les realiza el procedimiento de la radiocirugía estereotáxica craneal durante el año 2022, con el fin de poder guardarnos y así obtener el grado de licenciatura en radiología e imágenes, cuyo principal requisito es realizar un trabajo de grado y presentar el tema abordado que se denomina: **PROTOCOLO DE LA RADIOCIRUGÍA ESTEREOTÁXICA CRANEAL CON ACELERADOR LINEAL Y GAMMA KNIFE EN PACIENTES CON PATOLOGÍAS CEREBRALES EN EL HOSPITAL MEDICO QUIRURGICO Y ONCOLOGICO DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL Y EL CENTRO INTERNACIONAL DE CÁNCER EN EL PERIODO DE FEBRERO A AGOSTO DE 2022.**

Como grupo investigador nos comprometemos a conservar el anonimato de los datos del paciente y manejar con discreción la información brindada.

Esperando una respuesta favorable y agradeciéndole de antemano.

Nombre	DUE	Firma
Guillermo Ernesto Olivo Ipiña	OI17001	
Salma Nataly Regalado Mejía	RM16105	

Dr. Alfredo Calles  
Radio-oncólogo  
Jefe del Departamento de Radioterapia



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE MEDICINA  
 ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD  
 CARRERA DE RADIOLOGIA E IMÁGENES



San Salvador, 19 de septiembre 2022

Dr. Víctor Caceros

Centro Internacional de Cáncer

Presente.

Respetable Dr. Caceros.

Reciba un cordial saludo de parte de los bachilleres Guillermo Ernesto Olivo Ipiña y Salma Nataly Regalado Mejía egresados de la carrera de Licenciatura en Radiología e imágenes de la facultad de medicina, Universidad de El Salvador en el año 2021.

Nos dirigimos a usted para solicitarle autorización para observar y sustraer datos clínicos: Edad y sexo, diagnóstico de la patología, y dosis de tratamiento de los pacientes que se les realiza el procedimiento de la radiocirugía estereotáxica craneal durante el año 2022, con el fin de poder guardarnos y así obtener el grado de licenciatura en radiología e imágenes, cuyo principal requisito es realizar un trabajo de grado y presentar el tema abordado que se denomina: **PROTOCOLO DE LA RADIOCIRUGÍA ESTEREOTÁXICA CRANEAL CON ACELERADOR LINEAL Y GAMMA KNIFE EN PACIENTES CON PATOLOGIAS CEREBRALES EN EL HOSPITAL MEDICO QUIRURGICO Y ONCOLOGICO DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL Y EL CENTRO INTERNACIONAL DE CÁNCER EN EL PERIODO DE FEBRERO A AGOSTO DE 2022.**

**Objetivos:**

- Identificar los criterios clínicos para la realización del procedimiento.
- Describir el protocolo para la realización de la radiocirugía estereotáxica craneal.
- Definir la edad y género del paciente al cual se realiza el procedimiento.
- Identificar las patologías por las que se realiza el procedimiento.

Como grupo investigador nos comprometemos a conservar el anonimato de los datos del paciente y manejar con discreción la información brindada.

Esperando una respuesta favorable y agradeciéndole de antemano.

Nombre	DUE	Firma
Guillermo Ernesto Olivo Ipiña	OI17001	
Salma Nataly Regalado Mejía	RM16105	

Dr. Víctor Caceros  
 Oncólogo Radioterapeuta