



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA

**“IMAGEN DRR E IMAGEN DE VERIFICACIÓN PORTAL, EN EL
TRATAMIENTO DE TUMORES CEREBRALES, CLÍNICA RICARDO PALMA,
ENERO - JULIO 2018”**

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: SALUD PÚBLICA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN
TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA

AUTOR

CONDORI MAMANI CÉSAR ELIO

ASESOR

BOBADILLA MINAYA DAVID ELIAS

JURADOS

SÁNCHEZ ACOSTUPA KARIM

LÓPEZ ESPINOZA DELFINA

LLONTOP FENCO FREDY ROLANDO

**LIMA-PERÚ
2021**

Dedicatoria

A todos los integrantes de mi familia, en especial a mis padres, Natividad Mamani y Mario Condori por su apoyo incondicional, fuerza, dedicación y unión.

.Agradecimientos

Estas líneas expresan mis sinceros agradecimientos a todas las personas que fueron parte del desarrollo del presente trabajo, con su ayuda, apoyo y motivación colaboraron a la realización de esta investigación.

Agradezco infinitamente a mi alma mater la Universidad Nacional Federico Villarreal, a mis docentes; por brindarme las herramientas teórico – práctico para el desarrollo de este trabajo de investigación y los conocimientos brindados en mi etapa de formación universitaria.

A mi asesor de Tesis el Mg David Bobadilla Minaya, mis agradecimientos por sus apreciados aportes, crítica, comentarios, consejo, apoyo, comprensión y compartir su valioso tiempo de manera generosa durante el desarrollo de mi tesis.

Le doy gracias a mi madre que puso todo su esfuerzo, amor, confianza. Me enseñó que, a pesar de la adversidad, la fuerza y valentía de una madre es más fuerte que todo. A mi padre, sus consejos, apoyo incondicional y paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a él. A la Lic. Fátima Camus Ocares por la motivación, ayuda y consejos para poder culminar con éxito esta investigación.

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. Introducción	10
1.1 Descripción y formulación del Problema.....	11
1.2 Antecedentes.....	14
1.3 Objetivos.....	18
- Objetivo General:	18
- Objetivos Específicos:	18
1.4 Justificación.....	18
II. Marco Teórico	20
2.1. Bases Teóricas sobre el tema de investigación.....	20
III. Método	46
3.1 Tipo de investigación.....	46
3.2 Ámbito temporal y espacial.....	46
3.3 Variables.....	46
3.4 Población y muestra.....	46
3.5 Instrumento:.....	47
3.6 Procedimientos:.....	47
3.7 Análisis de datos:.....	48

3.8 Consideraciones éticas.....	48
IV. Resultados.....	49
V. Discusión de Resultados.....	59
VI. Conclusiones.....	62
VII. Recomendaciones.....	63
VIII. Referencias.....	64
IX Anexos.....	73

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Distribución de los casos, que une las proyecciones frontal y lateral. _____	49
Gráfico 2 Distribución de correcciones en la Imagen de Verificación Portal en los ejes X, Y y Z. _____	50
Gráfico 3 Distribución de corrección del desplazamiento de la Imagen de Verificación Portal en el eje X. _____	510
Gráfico 4 Distribución de corrección del desplazamiento de la Imagen de Verificación Portal en el eje Y _____	51
Gráfico 5 Distribución de corrección del desplazamiento de la Imagen de Verificación Portal en el eje Z. _____	52
Gráfico 6 Variación promedio de desplazamiento según los ejes de coordenadas X, Y y Z.	53
Gráfico 7 Distribución de las Imágenes de Verificación Portal según cantidad de ejes con corrección. _____	53
Gráfico 8 Contribución de la coincidencia de Imágenes adecuada e inadecuada de la Imagen Portal según ejes X, Y y Z. _____	55
Gráfico 9 Distribución de las correcciones por eje y sentido, en las Imágenes de Verificación Portal. _____	55
Gráfico 10 Frecuencia de los desplazamientos realizados _____	58

Lista de Tablas

Tabla 1 Coincidencia de Imágenes DRR e Imagen de Verificación Portal adecuada y no adecuada según ejes X, Y y Z.	54
Tabla 2 Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje X, en sentido derecho de la Imagen de Verificación Portal.	56
Tabla 3 Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje X, en sentido izquierdo de la Imagen de Verificación Portal.	56
Tabla 4 Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje Y, en sentido superior de la Imagen de Verificación Portal.	56
Tabla 5 Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje Y, en sentido inferior de la Imagen de Verificación Portal.	567
Tabla 6 Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje Z, en sentido anterior de la Imagen de Verificación Portal.	57
Tabla 7 Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje Z, en sentido posterior de la Imagen de Verificación Portal.	57

Resumen

Objetivo: Evaluar el desplazamiento de la Imagen DRR e Imagen Portal en pacientes con tumores cerebrales que reciben tratamiento con radioterapia externa en el Instituto Peruano de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma entre enero y julio del 2018.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio de tipo observacional, descriptivo retrospectivo y de corte longitudinal. Se revisó posterior al tratamiento las imágenes de Verificación Portal y DRR de 49 pacientes con tumor cerebral que recibieron radioterapia externa. Se evaluó las imágenes de verificación Portal con respecto a la Imagen DRR, se utilizó como instrumento el sistema de recolección de datos, en la cual registraba los movimientos realizados en los tres ejes X, Y, Z. Además, la coincidencia de Imágenes DRR y Verificación Portal se evaluó en base al umbral institucional de 3 mm.

Resultados: La variación promedio de los desplazamientos en los ejes X, Y, Z fue de 1.14mm, 1.10mm y 1.04mm respectivamente; además el 97.96% de los desplazamientos de la imagen de verificación Portal presentó una coincidencia adecuada en relación a la Imagen DRR encontrándose dentro del umbral institucional.

Conclusiones: Se encontró una mínima variación de desplazamientos entre la Imagen DRR e Imagen de Verificación Portal evaluados en los ejes X, Y y Z. El estudio encontró una adecuada coincidencia de imágenes de Verificación Portal en pacientes con tumores cerebrales tratados con radioterapia externa similares a los reportados en la literatura.

Palabras clave: DRR, Imagen Portal, Posicionamiento, Radioterapia, Tumor Cerebral.

Abstract

Objective: To evaluate the displacement of the Digitally Reconstructed Radiographic Image (DRR) and Portal Verification Image in patients with brain tumors receiving treatment with external radiotherapy at the Peruvian Institute of Oncology and Radiotherapy of the Ricardo Palma Clinic between January and July 2018.

Materials and methods: An observational, descriptive, retrospective and longitudinal study was carried out. The Portal Verification and DRR images of 49 brain tumor patients who received external radiation therapy were reviewed post-treatment. The Portal verification images were evaluated with respect to the Digitally Reconstructed Radiographic Image (DRR), the data collection system was used as an instrument, in which the movements made in the three axes X, Y, Z were recorded. In addition, the DRR Image matching and Portal Verification was assessed based on the institutional threshold of 3 mm.

Results: The average variation of the displacements in the X, Y, Z axes was 1.14mm, 1.10mm and 1.04mm respectively; Furthermore, 97.96% of the displacements of the Portal verification image presented an adequate match in relation to the DRR Image, being within the institutional threshold.

Conclusions: A minimal variation of displacements was found between the Digitally Reconstructed Radiographic Image (DRR) and the Portal Verification Image evaluated in the X, Y and Z axes. The study found an adequate coincidence of Portal Verification images in patients with treatment of Brain tumors similar to those reported in the literature.

Key words: DRR, Portal Image, Positioning, Radiotherapy, Brain Tumor.

I. Introducción

Los tumores cerebrales son lesiones expansivas que pueden afectar la cavidad craneana, produciendo la compresión de estructuras nerviosas en forma progresiva con lesiones secundarias. Su posterior tratamiento requiere de biopsia, cirugía, radioterapia y quimioterapia. (Ministerio de Salud, 2013.)

En los últimos años se han ido incrementando considerablemente, estudios realizados a nivel de Latinoamérica menciona que, de los tumores del sistema nervioso, 89% corresponde a gliomas, 10%, a tumores embrionarios, y menos del 1% en otros. Según el grupo etario el 13% de los tumores se presentan en niños de 0-14 años; el 58%, en el grupo etario de 15 a 64 años, y el 27% en los ancianos mayores de 65 años. El porcentaje de esta neoplasia afecta ligeramente al sexo masculino. (Gomez, Ocampo & Feo, 2018).

En el Perú los casos nuevos registrados de tumores cerebrales durante el 2018 son 392 (Instituto nacional de enfermedades neoplasicas,2018) Disponible en <https://portal.inen.sld.pe/indicadores-anuales-de-gestion-produccion-hospitalaria/> y fueron la undécima causa de muerte en lima metropolitana tras la leucemia, con una tasa de mortalidad de 3.4 por 100000 de habitantes. (Payet, Pérez, Poquioma, E. & Diaz, 2016).

Los pacientes tratados mediante radioterapia representan una proporción de la población con enfermedad oncológica a nivel nacional, de los cuales, vienen a ser tratados en entidades privadas como nacionales. Instituciones nacionales como el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas, Essalud, y Clínicas Privadas como la Clínica Ricardo Palma, San Pablo, Centro de Radioterapia de Lima, etc.).

La radioterapia, es una técnica de tratamiento en donde utilizamos altas dosis de radiación ionizante con la finalidad de tener un efecto biológico sobre la célula neoplásicas llegando a

impedir su crecimiento y su división celular. (Romero, Villafranca, Rico, Manterola, Vila, & Dominguez, 2009)

En la actualidad se viene utilizando técnicas más avanzadas en el tratamiento del cáncer, en el caso de tumores cerebrales, se utiliza técnicas 3D, IMRT (Radioterapia de Intensidad Modulada), donde el campo de tratamiento se limita sólo a la lesión para poder conformar el tumor y que esta reciba la mayor cantidad de dosis dentro de los límites tolerados, disminuyendo el daño a los órganos en riesgo o circundantes. (Cabrera, 2016).

Durante el proceso el Tecnólogo Médico en Radiología verifica que la imagen biplanar reconstruida a partir de datos de la tomografía semejante a una radiografía o Imagen DRR sea comparada con la Imagen de verificación Portal adquirida en el dispositivo electrónico de imágenes Portal en el primer día de tratamiento, debiendo coincidir ambas imágenes en un isocentro común. (Romero, et al, 2009).

El presente trabajo de investigación se realiza para identificar y evaluar la correspondencia de la Imagen DRR y la Imagen de verificación Portal en el tratamiento de paciente con tumores cerebrales en el Instituto Peruano de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma de enero a julio del 2018.

1.1 Descripción y formulación del Problema

La Radioterapia es considerada el tratamiento de elección en la década actual, donde utilizamos radiación ionizante de elevada energía (mega voltios MV), con la finalidad de destruir las células neoplásicas y evitar su propagación en todo el organismo. La radiación ionizante, tiene la capacidad de evitar y detener la propagación del cáncer en el organismo si es detectada a tiempo ya que, detiene y controla la división de este tipo de células, bien como terapia única o coadyuvante a la quimioterapia y a la cirugía con fines curativos o paliativos. (Verdú, Algara & Foro, 2002).

La Radioterapia en sus técnicas actuales, radioterapia conformacional 3D (3D CRT) y Radioterapia de Intensidad Modulada (IMRT) cuenta con un proceso que inicia desde la evaluación por el Médico Radiooncólogo, quien toma la decisión terapéutica y define el tratamiento. Posteriormente, definida la zona de tratamiento se realiza una tomografía donde obtenemos un volumen de datos de la estructura a tratar. Se realiza la localización del volumen blanco y se delimitan los órganos en riesgo.

El Físico Médico es el encargado de realizar la planificación del tratamiento y la evaluación de la dosis de radiación a utilizar, efectúa la verificación de la dosimetría con lo cual confirma que la dosis de radiación es la adecuada para aplicar el tratamiento.

La Verificación es la última etapa antes de iniciar el tratamiento, esta acción la realiza el Tecnólogo Médico de Radioterapia, quien compara las imágenes DRR enviadas desde el planificador con las imágenes de Verificación Portal adquiridas en el EPID (Dispositivo Electrónico de Imagen Portal), las cuales son imágenes radiográficas 2D, donde se evalúa su coincidencia de posicionamiento antes de iniciar el tratamiento, muy importante para garantizar un procedimiento efectivo.

En la Clínica Ricardo Palma se aprecia que la correspondencia del isocentro de la Imagen DRR enviadas desde el planificador de física médica, no coinciden con las Imágenes de Verificación Portal adquiridas en el dispositivo electrónico de Imagen Portal, debido al movimiento del paciente durante la adquisición de imágenes en la simulación y en el posicionamiento al momento de administrar el tratamiento con radioterapia.

Existen desviaciones en el posicionamiento diario del paciente sobre la mesa de tratamiento, cambios anatómicos, o movimientos internos de los órganos. (Sánchez, Gonzales & Rocha, 2011).

Motivo por el cual se procederá a la comparación y evaluación de los desplazamientos de la Imagen de Verificación Portal y la imagen DRR en los ejes de coordenadas X, Y y Z antes de que un paciente inicie tratamiento con radioterapia.

Formulación del problema

Problema general

- ¿Cuál es la variación del desplazamiento de la Imagen de Verificación Portal y la Imagen DRR en el tratamiento con Radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma en los meses de enero-julio 2018?

Problemas específicos

- ¿Cuál es el porcentaje de correcciones en imágenes de Verificación Portal en los ejes de coordenadas X, Y y Z en tratamiento con Radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma en los meses de enero-julio 2018?
- ¿Cuál es el promedio de desplazamientos de la Imagen de Verificación Portal según ejes de coordenadas X, Y y Z en tratamiento con Radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma en los meses de enero-julio 2018?
- ¿Cuál es el porcentaje de correcciones según eje de coordenadas y sentido en las imágenes de Verificación Portal en tratamiento con Radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma en los meses de enero-julio 2018?
- ¿Cuál es la coincidencia de imágenes DRR y Verificación Portal en base al Umbral de 3 mm en tratamiento con Radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma en los meses de enero -Julio 2018?
- ¿Cuál es la frecuencia de los desplazamientos realizados entre la Imagen DRR e Imagen de Verificación Portal en tratamiento con Radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma en los meses de enero -julio 2018?

1.2 Antecedentes

Yanxin, et al. (2008). China. en su investigación “*Analyzing setup error with electron Portal images device for head and neck tumor treated with intensity modulated radiation therapy*” con el objetivo de investigar la precisión de la Verificación de los pacientes con cáncer de cabeza y cuello; y proporcionar datos de referencia sobre el volumen tumoral clínico (CTV) y el volumen objetivo de planificación (PTV), analizo retrospectivamente las imágenes Portal y las imágenes DRR de pacientes con tumores de cabeza y cuello, se registró y comparó estructuras óseas de EPID Y DRR. Se obtuvieron como resultados las siguientes variaciones que fueron (1.40 ± 1.27) mm, (1.34 ± 1.37) mm y (1.34 ± 1.30) en dirección medio lateral, cráneo caudal y anteroposterior respectivamente. Las desviaciones rotacionales fueron (0.791 ± 0.976) grados y (0.531 ± 0.750) grados en el plano sagital y el plano coronal. Se concluye, que los pacientes con tratamiento de tumores de cabeza y cuello que son sometidos a radioterapia de intensidad modulada, los márgenes de CTV y la PTV deben ser de 3.7mm en dirección medio lateral, 3.6 mm en ambas direcciones, cráneo caudal y anteroposterior. (Yanxin, Jianrong, Junlin, Li, Zhong, Guoyou y Liansheng ,2008).

Pehlivan, et al. (2009). Francia, en su investigación “*Evaluación de errores de configuración interfaccional mediante Imagen electrónica diaria del Portal de IMRT en pacientes con cáncer de cabeza y cuello*”, en el Instituto Gustave Roussy, Francia. El objetivo de este estudio fue analizar la precisión y la eficacia del protocolo diario de adquisición de imágenes del Portal para el posicionamiento de pacientes tratados con IMRT. Se realizaron 667 Imágenes Portales de 20 pacientes con cáncer de cabeza y cuello tratados con IMRT, se obtuvo como resultado que los errores de configuración (set-up error) sistemáticos fueron menor a 1 mm en los ejes X, Y y Z, mientras que los set- up aleatorios fueron alrededor de 2 mm. Las correcciones fueron más relevantes en dirección cráneo caudal. Se concluye la importancia de la Verificación con Imagen Portal a través de referencias óseas en la Imagen Portal para

disminuir el error sistemático en este grupo de pacientes. El estudio sugiere una Imagen Portal en dirección AP y ML una vez por semana y en dirección cráneo caudal cada dos días. (Pehlivan, Pichenot, Castaing, Auperin, Lefkopoulos, Arriagada, R. & Jean, 2009)

Sánchez, Gonzales & Rocha, (2010). Colombia, en su investigación, relato el análisis de 316 pacientes donde se comparó las imágenes DRR y las imágenes de Verificación Portal en donde se hicieron las correcciones correspondientes en sus tres ejes de coordenadas para iniciar el tratamiento de Radioterapia.

Se reconoció 809 imágenes, en 316 pacientes en su mayoría pacientes con Cáncer de Próstata. El 91% de las imágenes obtenidas no necesitaron corrección por posicionamiento en sus 3 ejes durante el tratamiento con Radioterapia. El promedio de correcciones en los ejes fue de 3.4 mm, en X, Y, Z, fue 3.6 mm, 4.5 mm, y 4 mm, además, los pacientes con mayor tejido adiposo presentaron una corrección mayor de 5 mm. El estudio determinó una adecuada reproducibilidad del tratamiento en los pacientes teniendo en observación a los pacientes obesos, los cuales requieren una mejor técnica de inmovilización. (Sánchez, Gonzales & Rocha, 2010).

Strbac J. (2013) Bosnia-Servia, En su investigación *“Evaluación de errores de posicionamiento en la radioterapia de cabeza y cuello mediante imágenes Portal Electrónicas”*, tuvo como objetivo evaluar los errores de posicionamiento tridimensional y proponer márgenes óptimos para la planificación de volumen en tratamiento, en la radioterapia de cabeza y cuello. Su muestra fue de 35 pacientes, adquiriendo 632 imágenes de verificación Portal. Se analizaron las imágenes Portal en los ejes X, Y y Z. Su resultado fue que los errores sistemáticos de posicionamiento en los ejes X, Y y Z variaron entre 1.51 y 1.93 mm, y las desviaciones estándar de los errores de posicionamiento aleatorio alrededor de 1.77 mm y 1.86 mm. (Strbac, 2013).

Velázquez & Quispe (2013). En Lima Perú, en el Centro de Oncología ALIADA, en su investigación donde se utilizó Cone Beam CT y DRR. Se analizaron a 320 pacientes (180 pacientes de tratamiento de zona pélvica y 140 en zona de cabeza y cuello, se compararon las imágenes DRR y volumétricas enviadas desde el planificador, utilizó sistema EPID y Cone Beam CT a partir del cual determinó las distintas variaciones en la comparación de imágenes antes de iniciar el tratamiento de radioterapia. Obtuvo como resultado que las variaciones oscilaron de 2-4 mm para lesiones de la zona pélvica (tumores de próstata y útero) y 1-2 mm en lesiones de la cabeza y cuello. La zona de la cabeza y cuello presenta menor corrección en los 3 ejes; Y=1 mm, Z=2mm, X=2mm. Concluye la adecuada reproducibilidad de posicionamiento en pacientes que reciben tratamiento de próstata y cuello uterino, y mejor reproducibilidad de los casos de cabeza y cuello respecto a los de la zona pélvica. (Velázquez & Quispe, 2013).

Navarro E. (2014). En Lima Perú, en el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas se realizó la investigación descriptiva retrospectiva, con el objeto de evaluar la coincidencia de las imágenes de simulación con las imágenes de Verificación a pacientes con cáncer de cuello uterino y determinar los porcentajes de variación en sus ejes de coordenadas y sus distintas proyecciones. Evaluó 120 casos de imágenes verificadoras en proyecciones frontal y lateral de pacientes con cáncer de cuello uterino, en donde el 64.7% representaron variaciones en sus isocentro, 54.2% de las radiografías en proyección frontal presentaron variación, y el 20.8% de la proyección lateral presentaron variación. El promedio de la variación en sus tres ejes espaciales de posicionamiento presentó variación del 0.5 cm, valor que se encuentra dentro de los márgenes internacionales de seguridad ICRU. (Navarro, 2014).

García L. (2017) La Libertad- Perú, en el Centro de Radioterapia del Hospital de Alta Complejidad Virgen de La Puerta. Se realizó la investigación de tipo observacional, descriptivo, prospectivo y de corte longitudinal, con el objetivo de evaluar la reproducibilidad

de tratamiento en pacientes que reciben tratamiento con radioterapia externa para cáncer de próstata, mediante la variación de imágenes de Verificación Portal con las Imágenes DRR. Se tuvo como muestra 15 pacientes con cáncer de próstata que recibieron radioterapia externa entre los meses de septiembre 2016 y febrero del 2017 en el centro de radioterapia del Hospital Virgen de la Puerta. Se obtuvo como resultado del análisis de 225 datos en 150 Imágenes adquiridas, la variación promedio de los desplazamientos en el eje X fue de 3.33 mm, en el eje Y fue de 2.97 y en el eje Z fue de 3.03mm. El 82.2 % de los desplazamientos presento una reproducibilidad adecuada. Se concluye que se encontró una adecuada reproducibilidad del posicionamiento de los pacientes con cáncer de próstata, con desplazamiento similar referidos en su literatura. (García, 2018).

Barrionuevo K. (2018), Lima Perú, en el Centro Privado de Radioterapia Oncológica “Radioncología” – Oncosalud, se realizó la investigación con enfoque cuantitativo, de tipo observacional, retrospectivo, de corte transversal, con diseño descriptivo, con el objetivo de evaluar los errores de posicionamiento hallados mediante tomografía computada de haz cónico en pacientes con cáncer de mama tratados con radioterapia.

Se tuvo como muestra 30 pacientes con diagnóstico de cáncer de mama y tratados con radioterapia, analizo las Imágenes de Verificación por tomografía computada de haz cónico durante su tratamiento. el resultado fue; error sistemático de posicionamiento hallado mediante tomografía computada en el eje X fue de 1.26, en el eje Y fue de 1.69 y en el eje Z fue de 1.21. los errores aleatorios de posicionamiento en el eje X fue 0.83, en el eje Y fue 0.79 y en el eje Z fue de 0.55. Da como conclusión, los errores de posicionamiento sistemáticos hallados mediante tomografía computada de haz cónico fueron de 1.26mm en el eje X, de 1.69mm en el eje Y y de 1.21mm en el eje Z, y aleatorios fueron de 0.83mm en el eje X, de 0.79mm en el eje Y y de 0.55mm en el eje Z. (Barrionuevo, 2018).

1.3 Objetivos

- Objetivo General:

- Evaluar el desplazamiento de la Imagen de Verificación Portal y la Imagen DRR en el tratamiento con radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma, en los meses de enero a julio 2018.

- Objetivos Específicos:

- Determinar el porcentaje de correcciones en Imágenes de Verificación Portal en los ejes de coordenadas X, Y y Z en el tratamiento con radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma en los meses de enero – julio 2018.
- Determinar el promedio de desplazamiento de la Imagen de Verificación Portal según ejes de coordenada X, Y, Z en el tratamiento con radioterapia externa de tumores cerebrales, Clínica Ricardo Palma en los meses de enero – julio 2018.
- Determinar el porcentaje de correcciones según eje de coordenadas y sentido en las Imágenes de Verificación Portal en el tratamiento con radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma en los meses de enero – julio 2018.
- Determinar la coincidencia de Imágenes DRR y Verificación Portal en base al Umbral de 3 mm. en el tratamiento con radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma en los meses de enero – julio 2018.
- Determinar la frecuencia de los desplazamientos realizados entre la Imagen DRR e Imagen de Verificación Portal en el tratamiento con radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma en los meses de enero – julio 2018.

1.4 Justificación

El éxito del tratamiento con radioterapia sobre las células cancerígenas depende de gran medida de la exactitud de la localización de la zona de tratamiento. En la Clínica Ricardo

Palma, se llevó a cabo la presente investigación, siendo la primera dentro de nuestra institución en el ámbito de la radioterapia en el tratamiento de los tumores cerebrales.

El Tecnólogo Médico participa en todas las fases del tratamiento con radiación, antes de iniciar el tratamiento el Tecnólogo Médico realizan los desplazamientos en los ejes de coordenadas X, Y y Z , luego verifica la coincidencia de las Imágenes a través de la Verificación Portal, ubicación en donde se brindará el tratamiento al paciente, Por lo cual se debe tener la certeza de irradiar el lugar indicado, asegurando que los márgenes de tratamientos sean cubiertos en su totalidad durante todo el tratamiento.(Romero et al., 2009). El trabajo del Tecnólogo Médico es muy importante, da la seguridad de irradiar la zona de tratamiento prescrita, brindada por la corrección de la comparación entre las Imágenes DDR e Imagen de Verificación Portal, ayudara a los pacientes a prevenir, disminuir complicaciones agudas y crónicas sobre los tejidos o volúmenes en tratamiento y tejidos sanos circundantes, mejorando la calidad de vida del paciente.

Los resultados de la presente investigación manifestaran si nos encontramos dentro de los márgenes institucionales de seguridad, lo cual, garantizara que el tratamiento sea seguro, preciso, eficaz, de fácil reproducibilidad a lo largo del tratamiento, y que la mayor dosis de radiación llegue al tejido tumoral sin afectar a los tejidos sanos.

Esta investigación servirá como un registro y control de la calidad de los tratamientos con radioterapia realizados en el Instituto Peruano de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma, además los resultados de esta investigación podrán ser comparados con la casuística de otras regiones o países. Cabe resaltar que mediante este trabajo de investigación busco optar por el título profesional de licenciado en Tecnología Médica en la Especialidad de Radiología.

II. Marco Teórico

2.1. Bases Teóricas sobre el tema de investigación.

2.2.1 Anatomía del cerebro

Del latín Cerebrum. El cerebro es el extremo cefálico del sistema nervioso central en cual está contenido dentro del hueso cráneo, el cerebro presenta tres divisiones: Procencéfalo o cerebro anterior (Telencéfalo y Diencefalo), Mesencéfalo o cerebro medio y Rombencéfalo o cerebro posterior. (Aguilar,2011).

La mayor parte del encéfalo está formada por los hemisferios cerebrales que pertenece al procencéfalo y que se caracteriza por las circunvoluciones o giros que hay en su superficie y que se separan entre sí por los surcos, el diencefalo se encuentra entre los surcos y parte anterior y llega a formar el tallo cerebral el cual es uno solo y desciende de la base del cerebro, está formado por el diencefalo, mesencéfalo, el puente y el mielencéfalo (bulbo raquídeo). (Aguilar, 2011)

El cerebelo, masa llena de surcos que ocupa la fosa craneal posterior y unida al tallo cerebral. Consta de sustancia cerebelosa y su núcleo de sustancia blanca que contiene los núcleos cerebelosos y profundos. La corteza cerebral, formada por la sustancia gris de pocos milímetros. Los ventrículos, cavidades llenas de líquido cefalorraquídeo. (Aguilar, 2011).

2.1.2. Cáncer

El cáncer una enfermedad que afecta a cualquier parte de nuestro organismo, se define como “la multiplicación rápida de células anormales que se extienden más allá de sus límites habituales y pueden invadir partes adyacentes del cuerpo o propagarse a otros órganos, un proceso que se denomina «metástasis»”. Principal causa de muerte del ser humano viene dada por cáncer, solo en el año 2015 esta enfermedad fue la responsable de 8.8 millones de defunciones. El cáncer de pulmón (1.69 millones muertes), el cáncer hepático (788 000

muerter), el cáncer colorrectal (774 000 muerter), cáncer gástrico (754 000 muerter), mamario (571 000 muerter). (Organización Mundial de la Salud, 2018. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>)

2.1.3 Tumores Cerebrales

El tumor que comienza en el tejido cerebral es considerado primario, es el aumento descontrolado de un grupo de células cerebrales en forma anormal y descontrolada. Se agrupan en tumores benignos y malignos. (American Brian Tumor Association, 2012).

Los tumores primarios se originan de células propias del cerebro llegando a ser benignos o malignos. Los tumores secundarios en el Sistema Nervioso Central (SNC), se forman por el viaje de células tumorales primarios de otros órganos (pulmón, mama, melanoma, vías digestivas, riñón, próstata) en el torrente sanguíneo (más frecuente), vía linfática o a través del líquido céfalo raquídeo llegando a ser malignos. (Contreras 2017).

Los tumores cerebrales metastásicos por definición se catalogan como cáncer cerebral, los tumores cerebrales primarios rara vez se propagan fuera del cerebro y la medula espinal, estos no se adecuan a la definición del cáncer. (American Brian Tumor Association, 2012).

La ubicación de los tumores cerebrales varía entre adultos y niños, en los niños el 70% de los tumores se encuentra en el compartimiento infratentorial (fosa posterior), siendo los meduloblastomas, astrocitomas, y ependimomas los tipos más comunes. En los adultos el 70% se ubican en el compartimiento supratentorial. (Correa, 2014).

El lugar más frecuente son las meninges con un porcentaje de 36.1%, ello debido a la alta incidencia de meningiomas. Sobre los tumores intra-axiales la localización más frecuente es en el lóbulo frontal 8.6%, seguida del lobo temporal 6.4%, parietal 4% y occipital 1.1%. En caso de otras ubicaciones destaca la región hipofisiaria y del ducto cráneo cervical 16.2%, pares craneales 6.7%, cerebelo 2.6%, tronco cerebral 1.5%, sistema ventricular 1.1% y glándula pineal 0.5%. (Contreras, 2017).

2.1.4. Clasificación

Según la Organización Mundial de la Salud la clasificación desde el 2016 se divide según el tipo histológico y marcador molecular de citodiferenciación. Según su tipo histológicos lo podemos clasificar en dos aspectos claves: el tipo de célula y grado histológico (I al IV: grado de agresividad). (Louis, et al. 2016).

Los tumores primarios con mayor frecuencia de desarrollo son el meningioma y el glioblastoma. Según la Organización Mundial de la Salud, clasifica a los tumores cerebrales en cuatro grados, considerados de “grado bajo” los tumores de 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 cuenta que el grado I se puede interpretar como mayor sobrevida, y el grado IV como menor sobrevida. los tumores de grado I, son considerados con un bajo potencial proliferativo, es decir tienen mayor posibilidad de cura; los tumores de grado II, son tumores infiltrantes de baja actividad proliferativa pero el cual tienden a progresar a un grado III y IV; los tumores de grado III, son lesiones con evidencia histológica de malignidad y los grado IV, evidencian malignidad citológica con predisposición a necrosis, tienen una evolución rápida y fatal. Los tumores grado III y IV son considerados “malignos”. (Contreras, 2017).

La clasificación OMS presenta una implicancia terapéutica, pues las lesiones grado I, es decir, circunscritas o de borde neto pueden ser removidas en su totalidad a través de la neurocirugía; las lesiones infiltrantes OMS II, III y IV, al presentar un borde difuso su exéresis suele ser incompleta, por lo que necesitan seguimiento Imagenológico y, especialmente en lesiones OMS III y IV tratamiento de carácter oncológico como radioterapia y quimioterapia. (Sinning, 2017).

Reciben su denominación según el tipo de célula del que se originan: Tumores astrocíticos y oligodendrogiales, Tumores ependimarios, Tumores del plexo coroideo, Tumores de la

región pineal ,Tumores embrionarios ,Tumores de los nervios craneales y para espinales, Meningiomas ,Linfomas, Tumores de las células germinales, Tumores de la región selar y Tumores metastásicos. (Contreras, 2017).

2.1.5 Factores de Riesgo de Tumores Cerebrales

Los factores ambientales y ocupacionales; la exposición a rayos x o a rayos gamma aumenta el riesgo de sufrir tumores del sistema nerviosos central según la agencia internacional de investigación para el cáncer. Estudios muestran aumento en los gliomas en pacientes sometidos a tomografías con dosis mayores a las 60 mGy por cada estudio. La radioterapia a tumores primarios del SNC aumenta en 55% de posibilidades de sufrir un tumor secundario en el SNC posteriormente. (Alegría & Galnares, 2017).

Factores alérgicos, nutricionales y tabaquismo. Componentes como el N- nitroso en alimentos de origen animal, frutas y verduras están relacionadas al desarrollo de tumores cerebrales particularmente los gliomas. Asimismo, el tabaco aumenta en 39% las posibilidades de sufrir meningiomas en fumadores varones. (Contreras, 2017).

Factores metabólicos y cardiovasculares. La diabetes mellitus es factor de riesgo con 24% más posibilidad para cáncer cerebral en mujeres. Factores hormonales y reproductivos. Aumento del riesgo a 19% en mujeres que reciben terapia hormonal post menopáusica (TRH) en comparación con quien no las recibe. Historia de padres con tumores primarios aumenta la posibilidad en 50% de aparición de tumor cerebral. (Alegría & Galnares, 2017).

2.1.6. Epidemiología de Tumores Cerebrales

La incidencia total de tumores cerebrales primarios corresponde a 21.42/100000 hab., siendo de 5.42/100000 en pacientes entre 0 a 19 años y de 27.85/100000 en pacientes de 20 años y más. En población adulta, el tumor con mayor grado o malignos frecuente es el glioblastoma, con una sobrevida al año de 39.3% y de 5 años con 5.5% y cuentan con una

incidencia de 3.2/100000 hab, el astrocitoma grado III, cuya incidencia es de 0.51/100000 hab., y el linfoma con incidencia de 0.43/100000. (Contreras, 2017).

Las incidencias en caso de tumores de menor grado o benignos, son el meningioma 7.93/100000 hab., el adenoma hipofisiario de 3.65/100000 hab. Y el Schwannoma de 1.81/100000 hab. En términos de edad, la incidencia global de tumores cerebrales es mayor en pacientes que superan los 85 años con 81.16/100000 hab., y menor en niños comprendidos entre 0 y 14 años con 5.26/100000 hab. En caso del niño de menor edad, los tumores Astrocitomas pilocítico, de células germinales y tumores embrionarios son los más frecuentes, sin embargo, a mayor edad su incidencia decrece. Caso distinto sucede con los meningiomas, los cuales aumentan con la edad. Los tumores más frecuentes en niños comprendidos entre 0 a 14 años, son el astrocitoma pilocítico en un 15.4%, tumores germinales y gliomas malignos que comprometen principalmente cerebelo y tronco cerebral. En la adolescencia de 14 a 19 años, los tumores más frecuentes son tumores hipofisarios con un 25.4% y astrocitomapilocítico con 10.1%. (Contreras, 2017).

Según el sexo, los gliomas, tumores de células germinales, linfomas y tumores embrionarios son lo más frecuente en hombres, con lo que respecta a las mujeres los más frecuentes son los meningiomas y tumores de hipófisis. (Contreras, 2017).

2.1.7 Diagnóstico de Tumores Cerebrales

El diagnóstico de los tumores cerebrales se realizan mediante la combinación de pruebas que permiten determinar de la forma más precisa la extensión del tumor, y el grado de actividad.

Las pruebas de exploración física y neurológica son las primeras en ser realizadas y consiste en la evaluación por parte del médico de la especialidad de los diferentes signos y síntomas que le permiten sospechar de una afectación neurológica. Las exploraciones neurológicas básicas incluyen la evolución de aspectos del movimiento de ojos, visión, oído, reflejos, coordinación y sentidos, etc. (American Brain Tumor Association, 2012).

Las pruebas de exploración radiológicas en la evaluación de los tumores cerebrales, determina su extensión, el número de lesiones, tamaño y zonas de afectación debido a que proporciona información para la planeación preoperatoria. (Alegría & Galnares, 2017).

La tomografía computarizada multidetector hace uso de radiación ionizante para evaluar a pacientes inestables desde el punto de vista clínico, es útil en lesiones con infiltración ósea o contraindicaciones de resonancia magnética, tiene menor sensibilidad y especificidad que la resonancia magnética (Alegría & Galnares, 2017).

La resonancia magnética utiliza un sistema de campos magnéticos con una combinación de ondas de radio para poder producir imágenes, la espectroscopia, difusión y perfusión son pruebas de resonancia magnética que permiten evaluar el metabolismo cerebral y la información bioquímica de los tejidos, además, la resonancia magnética tiene mejor resolución en el tejido blando a comparación de la tomografía computada. (López, 2014).

La resonancia magnética brinda secuencias de difusión, mapas ADC y secuencias morfológicas que permiten un diagnóstico más certero en el diagnóstico de tumores del sistema nervioso central. (Linares, 2019).

Las pruebas de SPECT o Tomografía por emisión de positrones (PET), mide la actividad metabólica del tumor debido al material radiactivo que se mueve por el cerebro. (American Brain Tumor Association, 2012). Además, se menciona que el SPECT o Tomografía por Emisión de Positrones ayuda al neurocirujano a detectar lesiones con comportamiento biológico más agresivo y permite localizar áreas funcionales antes de la cirugía o radioterapia. (Alegría & Galnares, 2017).

Biopsia es el procedimiento quirúrgico donde se obtiene una muestra del tejido tumoral, define de qué tipo de tumor se trata y su grado de agresividad. Son de distintos tipos, abiertas (durante la cirugía) y biopsias estereotáxicas mediante una punción realizada en cráneo, se

ingresa una aguja y se toma la muestra del tumor. (Sociedad Española de Oncología Radioterápica, s.f.).

2.1.8. Tratamiento de los Tumores Cerebrales

El tratamiento del cáncer implica procedimientos médicos para destruir, modificar, controlar o eliminar el tejido canceroso primario, regional o metastásico. Los objetivos son erradicar el tumor, prevenir la recurrencia y aliviar los síntomas. (National Cancer Institute, 2020).

Disponible en <https://www.cancer.gov/espanol/tipos/cerebro/paciente/tratamiento-cerebro-adultos-pdq>

El objetivo principal es alcanzar el equilibrio de sobre vida y calidad de vida. Se analizan la cirugía, la quimioterapia y la radioterapia según corresponda. Se considera el estado clínico del paciente, la localización, el tamaño de la lesión y el riesgo de daño funcional del sistema nervioso. (Concha, Besa & Gutierrez, 2017).

- **Cirugía**

El principal objetivo de la cirugía no solo es reducir la masa tumoral, además mediante la biopsia se obtiene tejido donde establece un diagnóstico más preciso, a partir del cual se puede definir un plan de tratamiento. La cirugía es de elección para aquellos tumores en los que solo se busca la resección a totalidad. La cirugía llega a ser terapia curativa en tumores benignos, sin infiltración a otros tejidos. Es contraindicado en tumores en de difícil acceso quirúrgico o en áreas elocuentes como el lenguaje, la visión o la corteza motora. (Alegría & Galnares, 2017).

En la actualidad los avances tecnológicos permiten el ingreso de la cirugía a zonas y tumores de difícil acceso (tumores cerebrales y espinales), cirugías más conservadoras, menos invasivas y de mayor conservación de tejidos sanos. (Tovar, 2012).

- **Quimioterapia**

Actualmente el fármaco estándar para tratamiento de tumores del sistema nervioso central es la temozolamida, el cual actúa sobre la metilación del ADN, rompiendo la doble cadena

y generando la apoptosis celular. La quimioterapia junto a la radiación aumenta la sobre vida de los pacientes con diagnóstico de gliomas de alto grado hasta un 27%. (Alegría & Galnares, 2017).

- **Radioterapia**

La radioterapia forma parte del tratamiento actual del cáncer. Es la modalidad de tratamiento en la cual administramos dosis de radiación al tejido mediante aceleradores lineales o cobaltos (en desuso), se han descrito tres tipos, radioterapia convencional, radiocirugía estereotáxica y braquiterapia. Su rol fundamental posterior a la cirugía es cuando el neurocirujano no logra retirar la lesión por completo, debido a una localización difícil o a un retiro parcial, el cual ocasiona un aumento de células malignas de manera agresiva. (Sociedad Española de Oncología Radioterápica s.f.).

El objetivo de la radioterapia es administrar dosis de radiación al tejido cancerígeno de manera óptima logrando el máximo control del tumor, impidiendo el crecimiento y división celular, llegando a causar la destrucción de las mismas, reduciendo a su vez la cantidad de radiación al tejido sano circundante (órgano en riesgo) para poder minimizar los efectos secundarios adversos en el tejido sano del paciente. (Verdu, Algara & Foro, 2002).

Los avances tecnológicos en la radioterapia, se ve reflejado en el cambio de tratamientos desde los convencionales 2D, tratamientos 3D, Radioterapia de intensidad modulada, hasta los IGRT y radiocirugía. (Alegría & Galnares, 2017).

Debido a la elevada cantidad de radiación que se imparte en la radioterapia, es necesario conocer con precisión la cantidad y distribución de radiación administrada al paciente. Es necesario conocer las cantidades físicas, las unidades en las que se miden y la forma en la que la radiación interactúa con el medio.

2.1.9. Equipos para el Tratamiento con Radioterapia Externo en Tumores Cerebrales

- **Acelerador lineal de electrones**

Estos equipos basan su funcionamiento con el mismo principio que el de un tubo de rayos x, se aceleran electrones y colisionan con un metal, donde se producen los rayos x, además de electrones, lo cual se consigue con solo retirar el blanco metálico con el que chocan. La aceleración de los electrones se consigue por medio de un campo magnético con frecuencia de microondas, este campo magnético es inyectado en la guía de ondas aceleradora e interacciona con los electrones inyectados por el cañón de electrones. (Nuñez, 2016).

Hoy en día los aceleradores lineales son capaces de generar electrones y fotones de rayos X de varias energías con lo que se puede cubrir todas las necesidades de radioterapia externa, además se incluye una amplia gama de accesorios como, colimadores asimétricos y multilaminas, dispositivos de Imagen Portal cuñas dinámicas, aplicadores para radioterapia, etc. (Velez, 2004).

Para este trabajo se utilizó un acelerador lineal monoenergético de 6 Megavoltios (MV) de la marca Varian Modelo Unique, está equipado con colimadores de 120 multilaminas modelo Millennium en dos bloques, uno frente al otro, cuenta con pares opuestos que miden 5 mm de ancho en el isocentro, de manera que el conjunto completo dispone a adaptarse a la forma del tumor moviéndose de una forma dinámica y sincronizada, según el tratamiento indicado.

- **Equipos de formación de Imagen**

Estos equipos son necesarios para la adquisición de Imágenes, el simulado convencional hacia uso de un fluoroscopio y el digital usado en la actualidad, hace uso de un tomógrafo simulador con el adquiere volúmenes de datos. Estas Imágenes son obtenidas en la etapa de la simulación y posteriormente en la etapa de inicio de tratamiento, las Imágenes son usadas como referencia para poder ser comparadas con las Imágenes obtenidas en la simulación. Se analiza si la localización del volumen a tratar corresponde con la considerada al momento de la planificación, paso importante para asegurar un tratamiento acorde a la planificado e indicado por el médico.

- **Dispositivos electrónicos de Imagen Portal**

El dispositivo electrónico de Imágenes Portal (EPID), es un sistema mecánico acoplado al gantry del acelerador lineal, permite la adquisición de Imágenes de calidad, de localización y análisis asistido por computadora que proporcionan información anatómica del paciente, en la unidad de tratamiento, permite verificar y corregir errores de posicionamiento para poder llevar a cabo el tratamiento de radioterapia de acuerdo a lo planificado. (Herman, Kruse, & Hagness, 2000).

Los dispositivos de Imagen Portal están basados en la radiología convencional, y nos permite la comprobación geométrica del posicionamiento del paciente en la unidad de tratamiento, mediante la utilización de radiación ionizante en Megavoltios (MV) que interactúa con el área a tratar del paciente, que dependiendo de la densidad y composición de las estructuras atravesadas nos proporcionan la información anatómica del paciente. Las Imágenes obtenidas mediante el EPID, imágenes en proyección frontal y proyección lateral, representan la proyección en dos dimensiones, de la anatomía del paciente. (Nuñez, 2016).

En nuestra investigación se usó el sistema de Imágenes de Megavoltaje de alta resolución Portal Vision, de montaje con brazo robótico, con tamaño de campo de isocentro de 25x25 cm y un SSD variable desde 140 cm para un posicionamiento preciso del paciente, el cual nos brindó las Imágenes verificadoras Portal para su posterior análisis.

2.1.10. Técnica de Irradiación en Radioterapia Externa de Tumores Cerebrales

- **Radioterapia convencional**

Las enfermedades malignas intracraneales más comunes son las metástasis, seguido de los gliomas y finalmente los meningiomas, meduloblastomas entre otros. (Pastor, s.f.).

En el caso de tratamiento en lesiones de cráneo axis se utilizaban campos laterales opuestos para el cráneo y uno o dos campos posteriores para el axis.

Debiéndose tener muchos cuidados en no producir zonas de sobre dosis. Se realizaba la simulación usando marcas metálicas sobre el canto de los ojos.

En el caso de irradiación de cráneo total, se hacía uso del simulador, el diseño del campo debía sobreesar toda la cabeza y el borde inferior a nivel de la vértebra C2, los campos utilizados eran, paralelos y opuestos, además usaba protección a los ojos, cavidad oral y articulación temporomandibular. (Pastor, s.f).

- **Radioterapia 3D CRT**

Con el avance de la tecnología en la medicina se logró impulsar el desarrollo a nuevas formas de radioterapia permitiendo una mayor definición espacial de las zonas comprometidas por tumor que necesitan tratamiento y de los órganos normales que requieren ser protegidos. Se crearon herramientas que hacen posible entregar dosis a diferentes órganos y tejidos.

Para el tratamiento de tumores cerebrales, la tecnología llamada radioterapia conformada tridimensional (3D-CRT), el diseño del plan se elabora delimitando en cortes tomográficos axiales, coronales y sagitales los volúmenes correspondientes, se define las zonas de lesión además, las zonas de tejido y órganos en riesgo, se establece dosis total y por fracción en el tumor, se establece el número de campos y características de los campos de tratamiento (Asociación Científico Peruana de Tecnólogos Médicos en Radioterapia, s.f.)

- **Radioterapia de intensidad modulada**

La radioterapia de intensidad modulada es una forma avanzada de la radioterapia conformada 3D, esta técnica de radiación imparte dosis exclusivamente al tumor, minimizando la aportada a los tejidos y disminuyendo efectos secundarios debido a estas. Utiliza múltiples haces de radiación ajustándose a la forma del tumor y desde diversas angulaciones del cabezal de tratamiento, (Asociación Científico Peruana de Tecnólogos Médicos en Radioterapia. S.f.) Además, permite aumentar con seguridad la dosis de radiación al tumor reduciendo

significadamente el riesgo de la toxicidad en los órganos en riesgo sanos al establecer las restricciones necesarias para proteger los distintos órganos involucrados. (Cabrera, 2016).

Al igual que la radioterapia 3D, la IMRT requiere de una planificación con la delimitación en cortes axiales, coronales y sagitales; de acuerdo con las indicaciones, el planificador elabora, en base a algoritmos un plan de irradiación que satisface los perfiles en el paciente en el que los órganos y los tejidos normales quedan ubicados en zonas restringidas y el tejido tumoral en zonas de mayor de mayor exposición. La IMRT se utiliza en caso en donde la ventaja dosimétrica es clara respecto a los órganos en riesgo, ello debido a su complejidad. La distribución de la dosis en la IMRT es de manera más heterogénea y contiene importantes gradientes dentro de los volúmenes a tratar protegiendo a los órganos en riesgo, llegando a formar concavidades en la distribución de dosis debido al desplazamiento continuo de las multilaminas presentes en el cabezal del acelerador lineal. (García, 2015).

2.1.11. Tratamiento de Tumores Cerebrales con Radioterapia

- **Evaluación clínica y prescripción médica**

En esta etapa el objetivo es determinar la histología del tumor, la localización primaria, la extensión regional y el estadio a través de distintos métodos diagnósticos. Posteriormente el Médico radiooncólogo a partir de la evaluación clínica decide el tipo de tratamiento y la intensidad (curativa o paliativa) que se va a administrar al paciente.

- **Posicionamiento e inmovilización**

En técnicas como radioterapia conformacional 3DCRT e IMRT es fundamental asegurar una gran precisión geométrica, mínimos cambios en la posición del paciente durante la simulación o aplicación del tratamiento pueden originar variaciones sensibles en los niveles de dosis impartidos, alterando el control tumoral como efectos colaterales en los órganos sanos; la minimización de los efectos secundarios depende del correcto posicionamiento del paciente. (Guzobad, 2006).

El grado de precisión y la reproducibilidad en la distribución de dosis, la incertidumbre en la posición del paciente debe ser lo más mínima posible durante la adquisición de datos anatómicos en la simulación e impartición del tratamiento. Se hace uso de dispositivos de inmovilización y sobre la piel del paciente se coloca marcadores referenciales para poder construir un sistema de coordenadas, el cual permitirá comparar grupos de Imágenes entre sí y asegurar la reproducibilidad de posicionamiento del paciente durante todo su tratamiento. Los dispositivos de inmovilización deben reducir a menos de 5 mm la incertidumbre debido a movimientos de cualquier zona del paciente que pueden verse afectados por los movimientos del volumen blanco dentro del paciente. (Iglesias, 2003).

En el tratamiento de los tumores cerebrales son los tecnólogos médicos los responsables de la elaboración de estos accesorios personalizados para cada paciente, hacemos uso de sistema de máscaras termoplásticas, compuesto por el reposa cabeza de diversas medidas y un marco de fijación el cual ancla la posición en conjunto a la mesa del tomógrafo, facilitando la reproducibilidad de posicionamiento durante el tratamiento. (Nuñez, 2016).

El material de las máscaras no provoca diferencias significativas en la distribución de la dosis. (Chandorena Karina, s.f.).

Las máscaras se sumergen en agua a 70 grados centígrados de temperatura durante 5 minutos, el material se pone suave y moldeable, luego es puesta sobre el rostro del paciente, son capaces de amoldarse a la forma del rostro y cráneo del paciente, que al enfriarse se vuelve rígida de manera permanente, fijando e inmovilizando la zona de tratamiento, proporcionando una reproducibilidad diaria durante todo el tratamiento evitando efectos colaterales en tejidos sanos. (Nuñez. 2016).

- **Adquisición de Imágenes**

Los accesorios de inmovilización serán utilizados y puestos en la misma ubicación para cada paciente, manteniendo fijo un mismo eje de coordenadas para un correcto posicionamiento y

tratamiento. La elección, confección y definición de los accesorios de inmovilización lo realiza el Tecnólogo Médico y se elabora sobre la mesa del tomógrafo la cual se acoplada para simular tratamientos de radioterapia.

Los tomógrafos utilizados para la obtención de Imágenes de tomografía tienen características clave, abertura del gantry de 80 cm de diámetro, mesa plana igual a las mesas de tratamiento, sistemas de láseres lineales laterales y superior externos, semejantes a los usados en las salas de tratamiento con radioterapia.

El tomógrafo con el cual se obtuvieron las Imágenes DRR para nuestra investigación fue de la marca General Electric Hangwei modelo Discovery RT y con sistema de laser externos de la marca Gammex medical Sistem.

Se posiciona al paciente con la máscara termoplástica ya elaborada, se realiza la ubicación del isotac, en un lugar cercano a la zona de tratamiento. Utilizamos el sistema de láseres externos para la correcta alineación de posicionamiento del paciente y sobre los puntos en donde coinciden los láseres, adherimos billas plomadas que nos generarán Imágenes hiperdensas en las imágenes tomográficas, las cuales serán usadas como punto de referencia para el inicio de los ejes de coordenadas, donde se realizará las marcas de referencia sobre la máscara termoplástica, para posteriormente llegar al isocentro de tratamiento.

Se ingresan los datos del paciente en la plataforma del trabajo del tomógrafo, se elige el protocolo ya elaborado, se realiza el topograma del cráneo con adquisición de scout en proyección lateral y frontal, se adquieren datos de toda la bóveda craneana hasta el borde inferior de la mandíbula, en caso sea necesario en medico radio oncólogo solicitara el uso de medio de contraste yodado para mejor delimitación y visualización de la lesión cerebral. El grosor de corte de las Imágenes adquiridas en el tomógrafo varía de 2.5 mm a 5 mm y son enviadas al software de planificación del área de física médica. Se le retira la máscara termoplástica ya elaborada y el paciente se retira en espera del inicio de tratamiento.

- **Definición de volúmenes**

El Comité Internacional de Unidades Radiológicas ICRU elaboro los informes “prescripción, registro y elaboración de informes de terapia con haces de fotones” (ICRU –29, ICRU – 50 e ICRU- 62), el cual menciona una serie de recomendaciones para lograr un lenguaje en común entre los centros de radioterapia al momento de la prescripción, informe, registro de los volúmenes y las dosis empleadas en los tratamientos con haces de fotones. Según el informe ICRU-62 primero se define la finalidad del tratamiento, el volumen a irradiar con una determinada dosis, dosis limite máxima que puede recibir cierta cantidad de volumen en las regiones sanas y los órganos en riesgo.

Se establece las siguientes definiciones, según el Comité Internacional de Unidades Radiológicas ICRU en el reporte 62:

- GTV: Volumen de tumor macroscópico, visible y palpable.
- CTV (Clinical Volumen Target) volumen blanco clínico, contiene al GTV, da un margen el cual incluye zona de posible enfermedad microscópica, este volumen incluye zona de posible enfermedad e incertidumbre clínica.
- IM, (Margen Interno) es el margen que hay que añadir al CTV, incluye variaciones de posición, de tamaño, de forma debido a factores fisiológicos, respiración, movimiento cardiaco, o llenado de la vejiga.
- ITV. (Internal Target Volumen) es el volumen resultante de añadir el IM al CTV, es decir, $CTV + IM = ITV$.
- SM (Set-Up Margen), es el margen de posicionamiento, es el margen que se le añade al ITV, producto de la incertidumbre geométrica de posicionamiento del paciente, factores como el inmovilizador utilizado, sistema de Imagen utilizado para la correcta verificación de posicionamiento y precisión de los movimientos de la unidad de tratamiento.

- PTV (Plannig Target Volumen) es el volumen blanco de planificación, volumen a irradiar durante el tratamiento, está compuesto por el SM + ITV.
- OAR (Organ at Risk) órgano en riesgo, órganos que idealmente no deben recibir dosis de radiación.
- PVR (Planning Risk Volumen) es el volumen de planificación de órgano de riesgo. Es el resultado de $PVR = IM + OAR + SM$.
- TV (Volumen Tratado) volumen tratado. Es el volumen que recibe la dosis prescrita, debe coincidir con el PTV.
- IV (Volumen Irradiado) volumen de tejido que recibe una dosis superior a la tolerable.
- CI (Confomity Index) índice de conformidad. Mide la planificación comparándola el TV con el PTV.

- **Órganos de riesgo**

Son considerados en todos los tratamientos con radiación de tumores cerebrales primarios y secundarios, están registrados en la prescripción dosimétrica clínica. Los tejidos se encuentran al lado del tumor, pudiendo ser todas las estructuras no afectadas por la lesión; los ojos, los nervios ópticos, cristalino, quiasma óptico, tronco y cerebral. (Nuñez, 2016).

Se consideran los límites de dosis sobre los tejidos en riesgo: tronco cerebral < 54 Gy, 1 ml < 64 Gy, cerebro < 60 Gy, cristalino, médula cervical < 45-50 Gy, cóclea < 45 Gy, nervio óptico-quiasma < 55 Gy y retina < 45 Gy. (Casquero, 2013)

- **Fraccionamiento y dosis**

El fraccionamiento y la dosis para cada paciente viene dado por el diagnóstico y por la evaluación del médico, las técnicas actuales de radioterapia incluyen técnicas 3DCRT, IMRT y radiocirugía (para casos más complejos). (Sociedad Española de Oncología Radioterapica, 2013).

Gliomas de alto grado: (glioblastomas multiformes, astrocitomas anaplásicos, oligodendrogliomas anaplásicos y oligoastrocitomas anaplásico). En el tratamiento con radioterapia externa conformada y radioterapia de intensidad modulada proporcionan una cobertura similar de volumen de tratamiento, el esquema de fraccionamiento convencional es con dosis de 60 Gy a 1.8- 2 Gy/día. La IMRT es superior, reduce dosis máximas a órganos en riesgo y conforma mejor la dosis protegiendo tejido sano. No hay beneficio de control local ni en la supervivencia con incremento de dosis (boost) con radiocirugía o braquiterapia. (Martínez, Rico & Errasti, 2013).

Gliomas de bajo Grado: (astrocitomas fibrilares y protoplasmáticos. Oligodendrogliomas, oligoastrocitomas, o tumores mixtos), La Radioterapia conformacional 3D es la técnica más habitual, la radioterapia estereotáctica, IMRT, radioterapia guiada por Imagen, administran dosis radicales a nivel del volumen blanco de planificación, con dosis de 50-60 Gy fraccionada en 6 a 7 semanas, dosis menores a 50 Gy no serían útiles y dosis mayores a 60 Gy tendría riesgo de radionecrosis. (Muñoz, Ochagavía & Nieto, 2013).

Tumores del Tronco Cerebral: representa el 10% de tumores en edad pediátrica. (2/3 son astrocitomas de alto grado y el resto de bajo grado). La dosis más aceptada después de estudios y demostraciones de escalada de dosis son el hiperfraccionamiento o fraccionamiento acelerado de dosis es de 54 Gy en fracciones diarias de 1.8 Gy por fracción. (Casquero, 2013).

Meningiomas: Las técnicas de irradiación pueden variar, desde unidades diseñadas para radiocirugía estereotáctica (SRS, gamma knife) hasta aceleradores lineales adaptados con colimadores cónicos o sistemas de conformación con multiláminas. En meningiomas de grado I, las dosis van desde 50 Gy- 54 Gy en 1.8-2/día, en técnicas de IMRT o 3DCRT en el caso de SRS, dosis única de 14 Gy. En meningiomas de grado II dosis 54-60 Gy a 1,8-2 Gy/día en técnicas IMRT y 3DCRT y en meningiomas de grado III dosis mínima de 60 Gy a 1,8-2 Gy/día. (Begara, 2013).

Ependimomas: tumor de baja incidencia según la OMS, estudios confirman el valor de la radioterapia. Las dosis para enfermedad residual están en rango de 54 Gy a 59.4 Gy en fracciones de 1.8 Gy/ día. (Vilà, Comas & Pérez, 2013).

Meduloblastoma: en adultos, posterior a la extirpación quirúrgica la irradiación en pacientes pediátricos en el neuro eje a dosis bajas de 23.4- Gy con sobreimpresión de la fosa posterior de 55-54 Gy. En pacientes adultos y adolescentes la administración convencional de dosis, 36 Gy manteniendo la misma en la dosis posterior 54.55 Gy tanto para técnicas de tratamiento IMRT o 3DCRT. (Badal, 2013).

Tumores de Hipófisis: los adenomas hipofisarios constituyen del 10-15 % de los tumores intracraneales, se presentan a cualquier edad. La Radioterapia está indicada en casos de resección parcial y/o persistencia de la hipersecreción hormonal, no respuesta y/o tolerancia al tratamiento médico y recidivas después de la aparente curación con otros tratamientos. En el tratamiento con radiación se sugiere técnicas IMRT, irradiación estereotáxica de dosis única o fraccionada. En radiocirugía la dosis va de 12-14 Gy. Con una dosis de tolerancia de 8 Gy en la vía óptica. En fraccionamiento convencional las dosis van desde 45- 50 Gy con fraccionamientos de 1.8 Gy/día. (Magallón, García & Berrocal, 2013).

Craneofaringiomas: tumor epitelial benigno parcialmente quístico de la región selar, actualmente se contempla tratamiento 3DCRT, radioterapia estereotáxica e IRMT, en los últimos permite la reducción de márgenes, reduciendo el riesgo de toxicidad y conformando una mejor distribución de dosis, disminuyendo efectos adversos a órganos críticos. El tratamiento con radiación convencional va desde 50-54 Gy en fraccionamiento clásico de 1.8 - 2 Gy /día. (Macià, 2013).

Schwannoma Vestibular: El schwannoma vestibular está aumentando su incidencia en los últimos años, probablemente gracias a la utilización de la resonancia magnética en el diagnóstico. La técnica de irradiación en radiocirugía contempla una dosis de 12 Gy, en

radioterapia 3DCRT e IMRT dosis de 1.8-2 Gy/día durante 5 días a la semana, o hipofraccionamiento en 5 sesiones de 5Gy o en 10 fracciones de 3Gy. (Arribas, Menéndez & Chust, 2013).

Metástasis Cerebral: Aparecen del 20-40 % de pacientes oncológicos. Su diseminación es hematológica y su localización habitual es el parénquima cerebral. Los tumores primarios que producen frecuentemente metástasis cerebrales son los de pulmón, mama, melanoma, cáncer colorrectal. El tratamiento de elección es la radioterapia, se realiza mediante campos laterales opuestos con dosis de 300 cGy en 10 sesiones o 5 sesiones con dosis de 400cGy. Se añade el tratamiento mediante radiocirugía, técnica de elección para lesiones localizadas en zona central cerebral, con menos de 3-4 metástasis, menores de 35 mm y alejados considerablemente del quiasma óptico, se suele administrar luego de la irradiación Holocraneal convencional, la dosis varía alrededor de 16 Gy en una sesión. Puede darse a 29 Gy con radiocirugía exclusivamente. (Murillo & Valentín ,2013).

- **Planificación de Tratamiento**

Con las Imágenes digitalizadas en el ordenador, el médico delimita y contornea las áreas a tratar y los órganos críticos, se añaden los haces de fotones, la intensidad de haz y se reconstruyen los volúmenes de las áreas delimitada. En esta etapa, mediante el mismo programa y con el mismo volumen de datos se obtienen las Imágenes DRR (radiografía digital reconstruida). La planificación la realiza el físico médico bajo estándares de dosimetría prescritos, el médico radioncólogo tratante revisa el reporte de dosimetría y procederá a su aprobación. (Perez, 2008). En caso no sea aprobado es reenviado al área de física para realizar las modificaciones necesarias.

- **Inicio de Tratamiento**

Posterior aprobación del plan dosimétrico para el tratamiento elaborado por el área de física médica, se imprime el reporte de planificación, se acopla a la ficha de tratamiento del paciente

y es entregado a los tecnólogos médicos para el inicio de tratamiento. Los tecnólogos médicos del área de radioterapia replicaran la posición junto con los accesorios de inmovilización con la que fue adquirida, las Imágenes en el área de tomografía. A partir de las marcas de tatuaje sobre la piel del paciente se harán los desplazamientos necesarios en el eje de coordenadas creados a partir de los marcadores, llegando a sitio de tratamiento el cual nombraremos isocentro de tratamiento, se verifica la posición del paciente y que la estructura a tratar coincida con las Imágenes enviadas desde el planificador de física médica, posteriormente se procede a dar el tratamiento indicado.

2.1.12. Imagen de verificación Portal e imagen DRR en el tratamiento de tumores cerebrales.

La Imagen es una función bidimensional, f , que representa la intensidad, donde las variables, x e y son coordenadas espaciales y el valor de cualquier punto $f(x,y)$ es proporcional al brillo o nivel de gris de la Imagen en ese punto. La Imagen digital discretizada en coordenadas espaciales. Se considera como una matriz cuyos índices de filas y columnas identifican un punto de la Imagen. (Perez, 2008).

En el proceso de administración de tratamiento con radiación existen incertidumbres sistemáticas y aleatorias (Romero et al, 2009). Los errores sistemáticos debidos a errores de planificación y simulación (posicionamiento de paciente) durante la adquisición de Imágenes en la tomografía; y los aleatorios, que aparecen durante el posicionamiento del paciente en la sala de tratamiento. Estos errores sistemáticos serán recurrentes durante el tratamiento, los errores aleatorios pueden ocurrir por cambios diarios al ubicar al paciente en la posición de tratamiento, variaciones en la forma y movimiento interno del tumor en órganos móviles. Estos errores aparecen en el instante y durante la administración del tratamiento con radiación y oscilan alrededor de un cierto punto. (Romero et al, 2009).

Estas incertidumbres ocasionan la existencia del PTV (planning target volumen), que es el margen apropiado al CTV (volumen tumoral clínico) junto con el margen de posicionamiento, el cual ayudaran a corregir estos errores de incertidumbre ya mencionados anteriormente para garantizar que el tumor reciba la dosis prescrita. (Romero et al, 2009).

A partir del conjunto de Imágenes obtenidas de la tomografía computarizada de simulación y enviados al planificador de física médica, mediante el software de planificación, se obtienen Imágenes DRR, que son imágenes radiográficas digitalmente reconstruidas, muestran contornos delineados en Imagen plana con niveles de grises, estas muestran la silueta de los campos de tratamiento que formaría el haz de fotones si realizáramos una radiografía real donde se visualizarían estructuras óseas, sobre ellas se pueden modificar parámetros geométricos y de calidad de Imagen (contraste o brillo), posteriormente son comparadas y superpuestas con las Imágenes de Verificación Portal.

El dispositivo electrónico de Imagen Portal EPID, es un sistema receptor de Imagen integrado en los aceleradores lineales de electrones que adquieren la Imagen utilizando la menor cantidad de fotones disponible, proporciona una radiografía obtenida con mega voltaje llamada Imagen Portal. (Nuñez, 2016). La Imagen Portal obtenida es análoga a la Imagen DRR y nos da resultados en tiempo real, utilizamos estas Imágenes como referencia anatómica geométrica para el tratamiento, se pueden obtener antes y durante el tratamiento. así mismo se puede registrar y guardar la posición de paciente sobre la mesa del tratamiento, permiten el control de los tratamientos en cada sesión, corrigiendo errores de posicionamiento, es usado para el comprobar el correcto posicionamiento, verificar las correcciones oportunas y asegurar el tratamiento sobre la estructura objetivo a irradiar. (Iglesias, 2003).

Sobre la Imagen DRR enviadas desde el planificador se recrea digitalmente un sistema de coordenadas X, Y y Z, aplicadas en la posición de tratamiento del paciente. El eje X representa la coordenada lateral, simula un plano que divide al cuerpo del paciente en derecho e izquierdo;

eje de Y, representa la coordenada longitudinal, forma un plano que divide al paciente en superior e inferior; el eje Z, representa la coordenada vertical, divide al paciente en un plano de anterior y posterior.

En la Imagen Portal obtenida con el EPID en una posición de giro de gantry en la posición de 90 o 270 podremos obtener Imágenes Portal en proyección lateral respecto a la posición del paciente, en esta proyección evaluaremos los ejes Y y Z, con la posición de EPID en 0 o 180 en una posición de giro de gantry en 0, obtendremos Imágenes Portal en proyección Frontal, donde evaluaremos los ejes X y Y.

Dentro de la etapa de la Verificación y la corrección de posicionamiento mediante Imágenes Portal, mencionaremos el término “set-up error” que es el error de posicionamiento, siendo la discrepancia entre la posición de tratamiento prevista adquirida en la etapa de la simulación, con la Imagen Portal adquirida en la sala de tratamiento comprendiendo el componente sistemático y aleatorio. Se realiza utilizando referencias marcadas sobre la piel del paciente, mediante marcadores, láseres, dispositivos de inmovilización, Imagen Portal y protocolos online y offline. (Reinado, 2015).

Mencionemos, los errores sistemáticos son la diferencia presente desde la simulación y planificación hasta el inicio de tratamiento del paciente que comprenden errores de planificación y simulación. Los errores aleatorios aquellos sobre el posicionamiento incorrecto del paciente debido a fluctuaciones fisiológicas desviaciones diarias al colocar al paciente sobre la mesa, cambios de morfología del tumor y movimiento de algunos órganos, durante el transcurso del tratamiento.

En la clínica Ricardo Palma, en el Instituto Peruano de Oncología y Radioterapia, el procedimiento para la Verificación de pacientes con tumores cerebrales empleamos 2 Imágenes Portal ortogonales para la verificación: frontal y lateral.

En la Imagen Portal frontal empleamos como estructuras de referencia a las estructuras anatómicas óseas, tabla interna y externa del cráneo, techo de las orbitas, arco mandibular, seno esfenoidal y todo el contorno óseo de la bóveda craneana, que nos permiten medir el desplazamiento del isocentro en dirección en los ejes X e Y siendo estas las direcciones supero-inferior y de derecha a izquierda. En la Imagen Portal lateral, las estructuras de referencia, tabla interna y externa del cráneo, apófisis clinoides anterior y posterior, base de la silla turca, techo de las orbitas, base anterior y posterior de la bóveda craneana, con ellas podremos evaluar el desplazamiento en los ejes Y y Z, en sus direcciones supero inferior y anteroposterior.

Estas Imágenes Portal obtenidas nos permiten hacer una comparación con las Imágenes DRR de referencia, se realizará una corrección off line u on line. La corrección on line consiste en obtener Imágenes Portales antes del inicio de la sesión de tratamiento, realizar las comparaciones con las Imágenes DRR y realizar Las correcciones necesarias modificando la posición de isocentro corrigiendo errores sistemáticos y aleatorio si se encontraran, (Asociación Científico Peruana de Tecnólogos Médicos en Radioterapia. S.f). En la corrección off line realiza obteniendo Imágenes Portal y comparándolas con las Imágenes DRR posterior a la sesión del tratamiento dado, se estiman variaciones entre las primeras Imágenes Portal obtenidas y luego se obtiene un promedio, se ajusta el isocentro al valor promedio y se imparte el tratamiento corrigiendo solo errores sistemáticos. En el Instituto de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma, posterior a la comparación de Imágenes DRR e Imagen Verificación Portal, realizada por lo Tecnólogos Médicos del área de Radioterapia, y tras corroborar que el “set-up error” cumpla con el margen institucional enviado desde la Planificador de física médica, siendo este margen de 3 mm. Se procede a inicio de tratamiento con radioterapia externa. Garantizando un proceso seguro y eficaz a lo largo de su tratamiento y que la mayor dosis llegue al tejido tumoral, previniendo complicaciones agudas y crónicas mejorando la calidad de vida del paciente.

2.1.13. Efectos Secundarios y Recomendaciones durante el Tratamiento

En la mayoría de los servicios de radioterapia, antes de iniciar, los pacientes reciben un boletín informativo con consejos generales y específicos de la zona a irradiar. Las radiaciones presentan un efecto secundario que están relacionados al área de tratamiento, la dosis recibida, su fraccionamiento, susceptibilidad individual, de los tratamientos concomitantes y según el momento de la aparición de la toxicidad se dividen en agudos y crónicos. Con la irradiación del cerebro los efectos que pueden aparecer cefalea, somnolencia, déficit intelectual y de memoria, convulsiones, suele presentarse a partir de los 6 meses. (Verdu, 2002).

La tolerancia del tejido normal es una limitante por el riesgo de posibles secuelas a largo plazo. Los efectos tardíos están relacionados con el volumen irradiado, la dosis y el fraccionamiento. La edad del paciente, la localización tumoral y varios factores relacionados al tratamiento, la cirugía es importante en la aparición de secuelas tardías. (Rodriguez, Orozco & Wu, 2014).

Los efectos secundarios agudos son debidos al edema producido durante el tratamiento y los tardíos debido a necrosis y gliosis. Es de utilidad su posterior control mediante técnicas de Imagen (TC, RM, SPECT) debiéndose realizar el diagnóstico diferencial con recurrencia o progresión del tumor. (Verdu, 2002).

Los consejos generales para todo paciente en tratamiento con radioterapia que inicie es informarle que sentirá cansancio, por lo cual deberá guardar reposo y evitar esfuerzos innecesarios. Tendrá pérdida del apetito, deberá realizar pequeñas comidas frecuentes. El acompañamiento de algún familiar es recomendable en estos momentos. La piel irradiada suele irritarse y enrojecerse, evite el calor y frio excesivo. No usar jabones irritantes, perfumes, cosméticos. No usar esparadrapo sobre la piel irradiada. No froten la piel ni rascarse, no usar hojas de afeitar. Puede perder total o parcial el cabello, llegando volver a crecer pudiendo ser de distinto color o textura. (Verdu, 2002).

2.1.14. Términos Básicos

- **Imagen DRR:** Imagen radiográfica formada a partir de los datos de una tomografía
- **Imagen de Verificación Portal:** Imagen radiográfica adquirida en el EPID del acelerador lineal.
- **Radioterapia externa:** administración de haz de rayos X de alta energía hacia una lesión neoplásica del paciente, haces producidos en un acelerador lineal o equipo de cobalto.
- **EPID:** Dispositivo electrónico de Imagen Portal, Este acoplado al acelerador lineal.
- **Eje de coordenada Z:** Representa la coordenada vertical, forma un plano que divide al cuerpo en anterior y posterior.
- **Eje de coordenada Y:** representa la coordenada longitudinal, forma un plano que divide al cuerpo en superior o inferior.
- **Eje de coordenada X:** representa la coordenada lateral, forma un plano que divide al cuerpo en derecho o izquierdo.
- **Simulación TAC:** proceso de adquisición de Imágenes tomográficas en la misma posición de tratamiento con radioterapia externa
- **Verificación:** es la comprobación de los datos obtenidos en la simulación mediante una Imagen radiográfica en 2D obtenida en el dispositivo electrónico de Imagen Portal.
- **Isocentro:** lugar en el espacio donde giran en común la mesa de tratamiento, el gantry y los colimadores. Sitio donde se realiza el tratamiento.
- **Planificación directa:** cálculo que realiza el ordenador para la optimización de la dosis. Primero define la geometría del haz de tratamiento, posteriormente se calcula la distribución de la dosis 3D.

- **Planificación inversa:** cálculo que realiza el ordenador para la optimización de la dosis. Se especifica el número, dirección de los haces, dosis al volumen tumoral y órganos en riesgo, posteriormente el ordenador realizara los cálculos para la irradiación.
- **Órganos blancos:** órgano objetivo a recibir la radioterapia.
- **Órganos en riesgo:** órganos que pueden ser dañados durante la radioterapia que se encuentran cercanos al órgano blanco.
- **Gray:** unidad de dosis de radiación, equivale a 1J/kg.
- **Fraccionamiento** reparto de dosis a través del tiempo, se miden en Gy por día.

III. Método

3.1 Tipo de investigación

Investigación de tipo cuantitativa, descriptiva, observacional de corte transversal.

3.2 Ámbito temporal y espacial

Lugar de estudio: Instalaciones del Instituto Peruano de Oncología y Radioterapia - Clínica Ricardo Palma ubicado en el distrito de San Isidro-Lima, en los meses de enero a julio 2018.

3.3 Variables

Variables de estudio:

- Imagen DRR
- Imagen de Verificación Portal

3.4 Población y muestra

Población:

La población de estudio estuvo constituida por las Imágenes de Verificación Portal de los pacientes sometidos a tratamiento con radioterapia externa de tumores cerebrales en técnicas 3D, IMRT y VMAT en el Instituto Peruano de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma, en el periodo de enero a julio del 2018.

Muestra:

La muestra incluyó 98 Imágenes de Verificación Portal, de 49 pacientes sometidos a radioterapia externa de Tumores Cerebrales con técnicas de tratamiento 3DCRT e IMRT en el Instituto de Oncología y Radioterapia-Clínica Ricardo Palma que cumplan los criterios de inclusión y exclusión.

Unidad de análisis que cumplan los criterios de inclusión y exclusión.

***Criterios de selección:**

****Criterios de Inclusión:**

- Imágenes DRR e Imágenes de Verificación Portal de pacientes posterior al tratamiento de tumor cerebral de enero a julio 2018.
- Imágenes de Verificación Portal en proyección frontal y lateral.
- Imágenes de Verificación Portal adquiridas desde enero a julio 2018.

****Criterios de Exclusión:**

- Imágenes de Verificación de pacientes con tratamiento 2D.
- Imágenes de Verificación que no se ubiquen en el sistema de registro informático.
- Imágenes incompletas y descartadas.

3.5 Instrumento:

El instrumento que se utilizó fue una ficha ad Hoc de recolección de datos que, sometida a juicio de expertos, donde se registraron los desplazamientos realizados en los ejes X, Y y Z de los pacientes que recibieron tratamiento con radioterapia externa de tumores cerebrales que fue recolectado del sistema informático de registro de Imágenes verificadoras Portal llamado ARIA.

3.6 Procedimientos:

Como primer paso se solicitó la autorización mediante una carta enviada al Director Médico del Instituto Peruano de Oncología y Radioterapia-Clínica Ricardo Palma para realizar el presente estudio descriptivo- retrospectivo y así tener acceso para poder recopilar los datos de pacientes en el periodo de estudio, logrando así elaborar la estadística de la presente investigación.

Luego de haber recolectado los datos en la ficha, estos fueron trasladados al programa Excel 2019 (v19.0).

3.7 Análisis de datos:

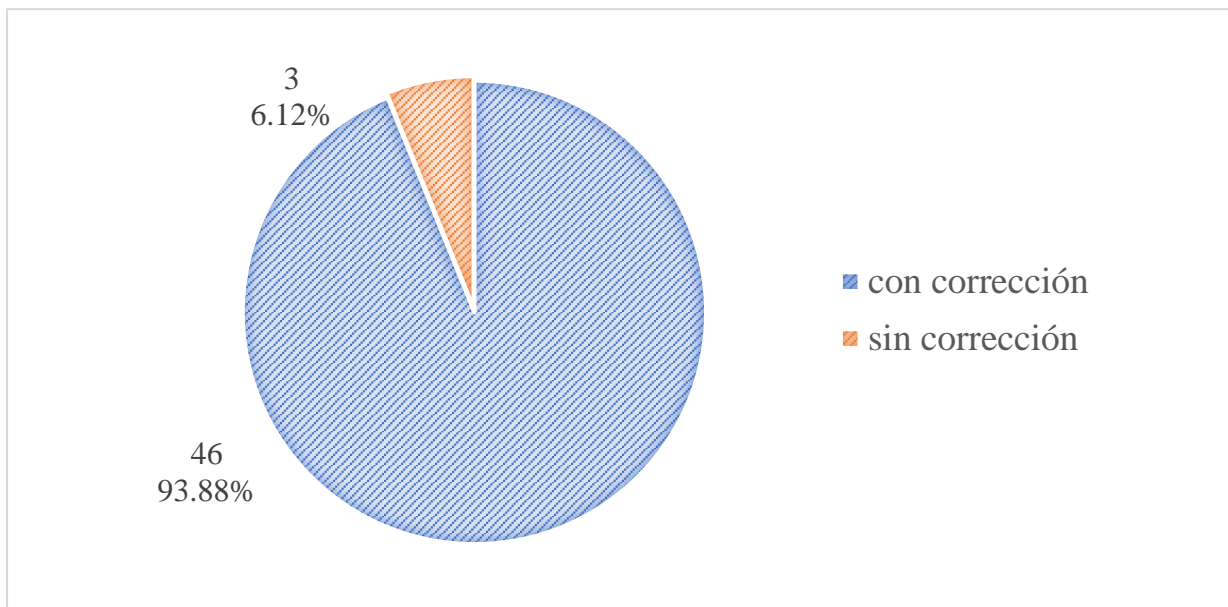
Los datos fueron registrados en hojas calculo Excel y fueron trasladados al programa SPSS Statistics 24.0. El presente programa fue utilizado para el análisis de datos estadístico, los resultados se establecieron en gráficos y tablas; en el análisis descriptivo se presentaron medidas de frecuencias, porcentajes y promedios para las variables en estudio a fin de dar respuesta a los objetivos trazados en esta investigación.

3.8 Consideraciones éticas

Se envió una carta solicitando la autorización dirigida al Director Médico del Instituto Peruano de Oncología y Radioterapia - Clínica Ricardo Palma, para tener libre acceso a estos datos para así armar la estadística de lo redactado en el presente documento de investigación.

IV. Resultados

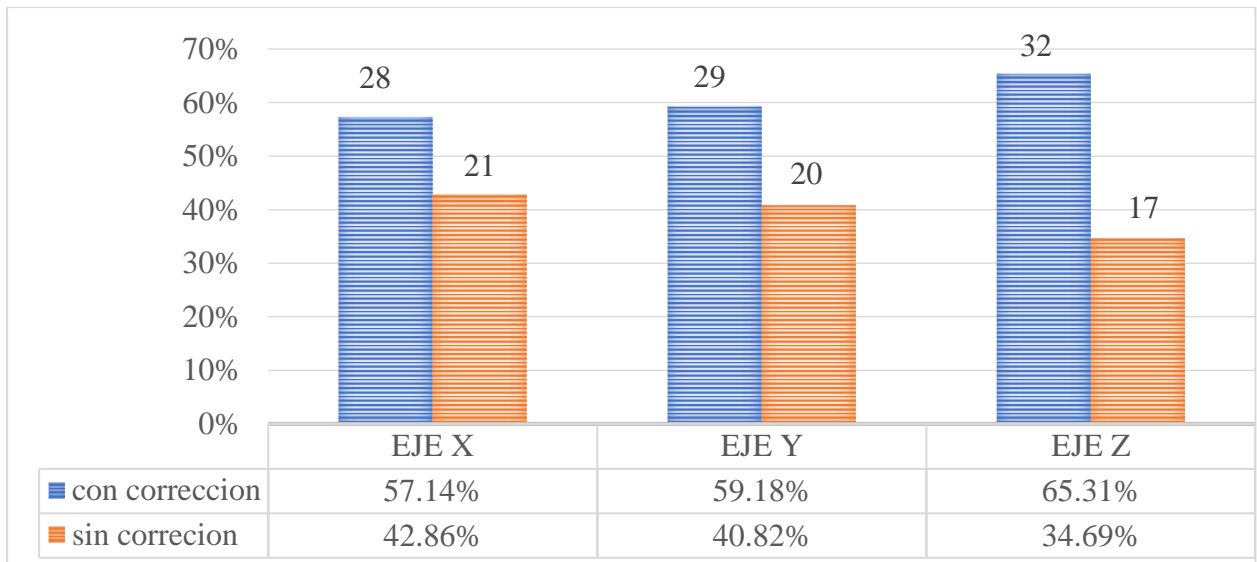
Se evaluaron 49 casos (147 datos) con Imágenes DRR e Imágenes de Verificación Portal, en sus respectivas proyecciones frontal y lateral, en pacientes sometidos a tratamiento de tumores cerebrales 3D, IMRT en el Instituto de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma durante el periodo de enero a julio del 2018.



Fuente: Datos de la investigación

Gráfico 1. Distribución de los casos, que une las proyecciones frontal y lateral.

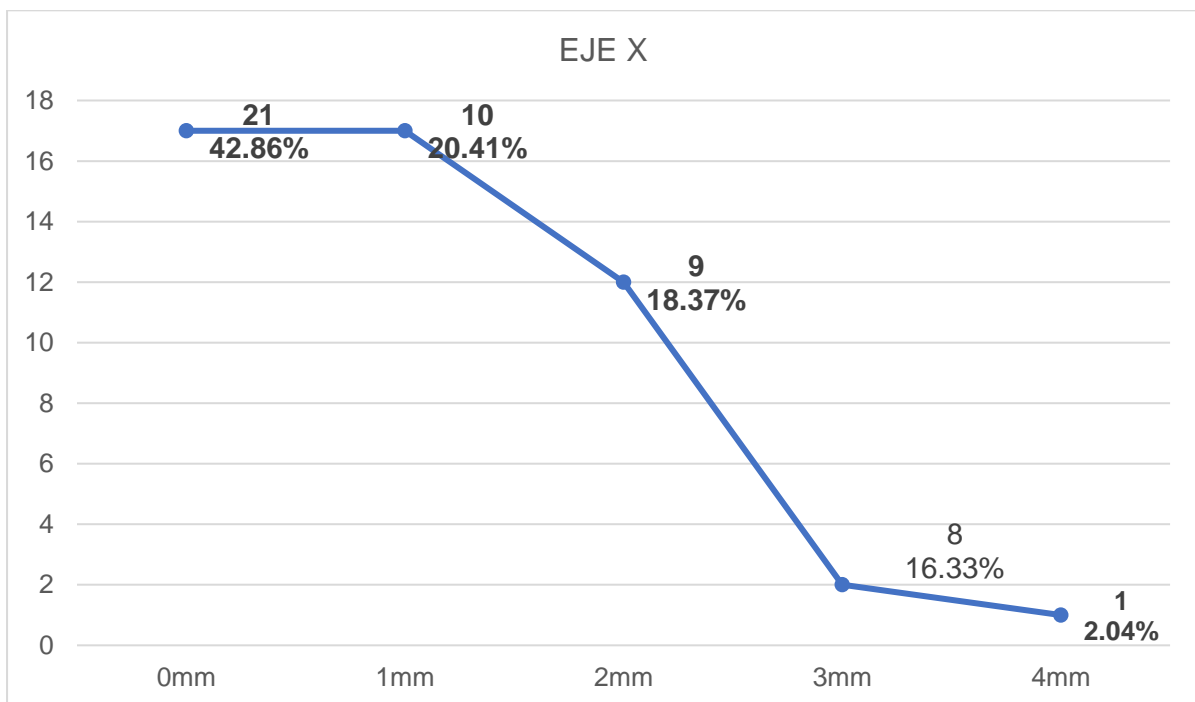
En la **Gráfico 1** muestra el total de casos de pacientes que presentaron variación en el isocentro son 46(93.88%) y 3 (6.12%) no presentó ninguna corrección, en la evaluación de la Imagen de Verificación Portal en proyección frontal y lateral, respecto a la Imagen DRR obtenida en la simulación.



Fuente: Datos de la investigación

Gráfico 2 Distribución de correcciones en la Imagen de Verificación Portal en los ejes X, Y y Z.

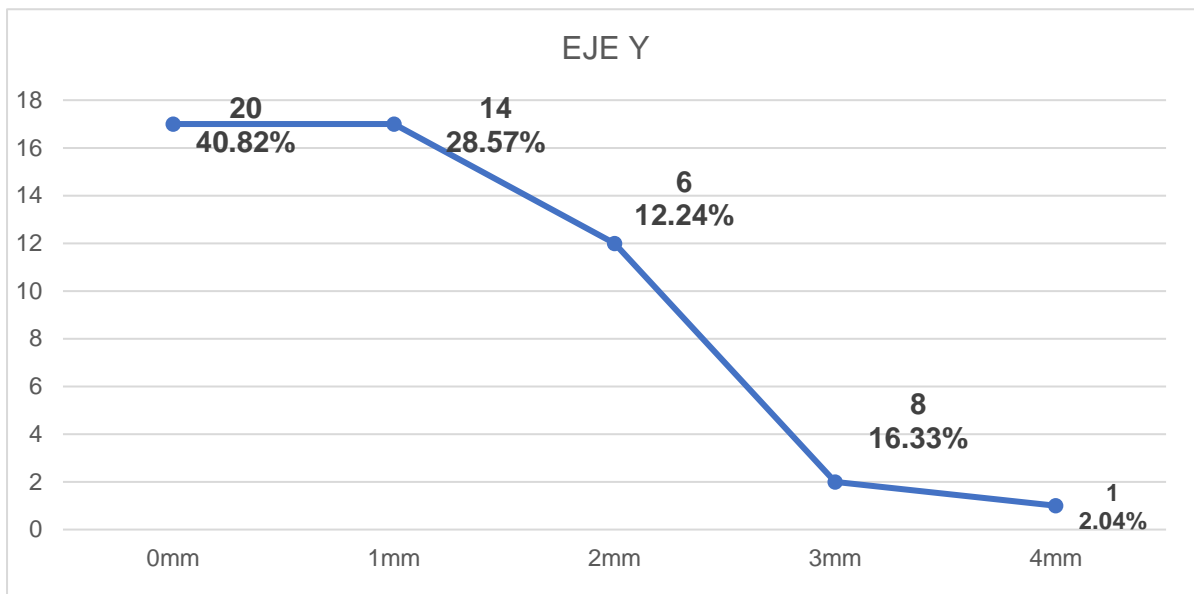
En la **Grafico 2** muestra el total de datos evaluados sobre su respectivo eje, 28 (57.14%) presento corrección en el eje X, 29 (59.18%) presento correcciones en el eje Y, 32 (65.31%) presento correcciones en el eje Z.



Fuente: Datos de la investigación

Gráfico 3 Distribución de corrección del desplazamiento de la Imagen de Verificación Portal en el eje X.

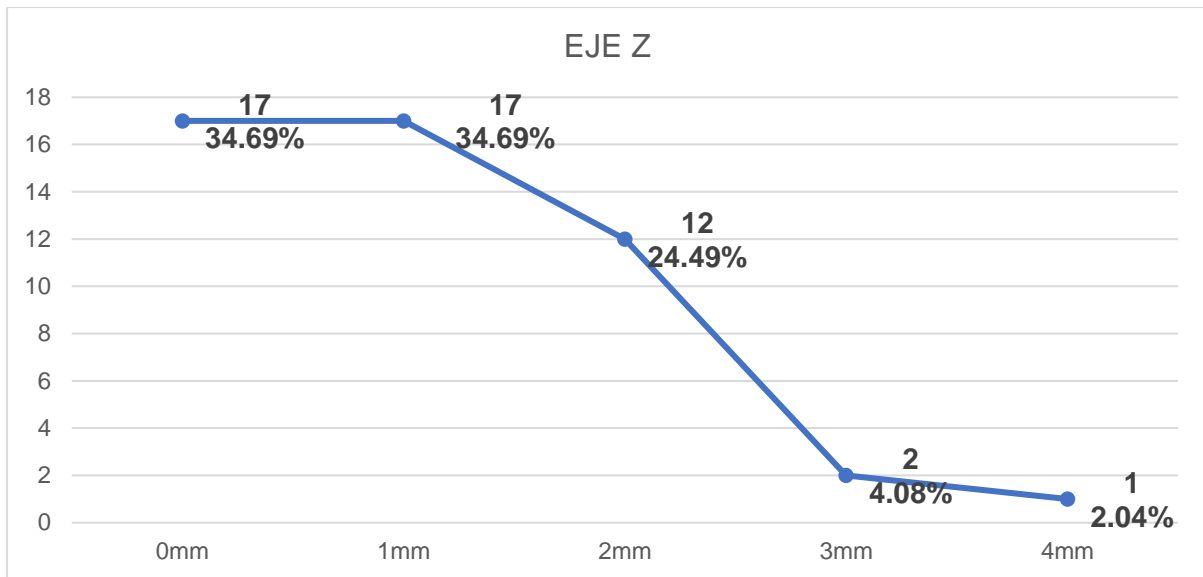
En el **Grafico 3** Se aprecia que del total de casos con variaciones en el eje X, el 2,04% representa un desplazamiento de 4mm. Mientras que el 97,96% obtuvo un desplazamiento menor a 4 mm. , corresponde a 3 mm el 16,33%, a 2 mm el 18,37%, a 1 mm el 20,41% y a 0 mm el 42,86%.



Fuente: Datos de la investigación

Gráfico 4 Distribución de corrección del desplazamiento de la Imagen de Verificación Porta en el eje Y

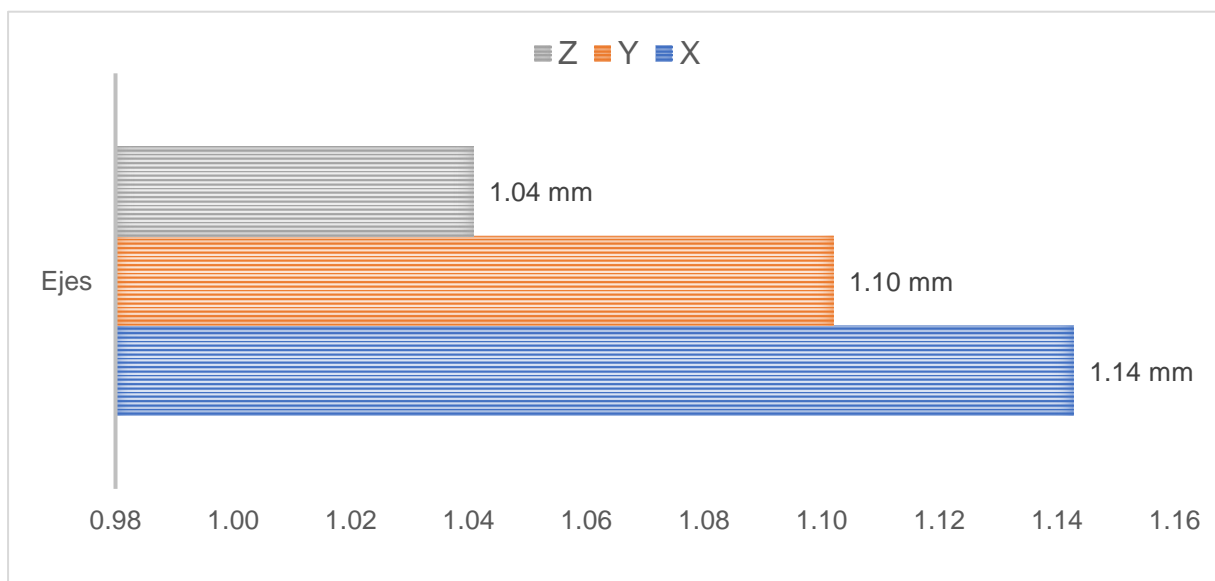
En el **Grafico 4** Se aprecia que del total de casos con variaciones en el eje Y, el 2,04% representa un desplazamiento de 4mm., mientras que el 97,96% obtuvo un desplazamiento menor al 4 mm. Corresponde a 3 mm el 16,33%, a 2 mm el 12,24%, a 1 mm el 28,57% y a 0 mm el 40,82%.



Fuente: Datos de la investigación

Gráfico 5 Distribución de corrección del desplazamiento de la Imagen de Verificación Portal en el eje Z.

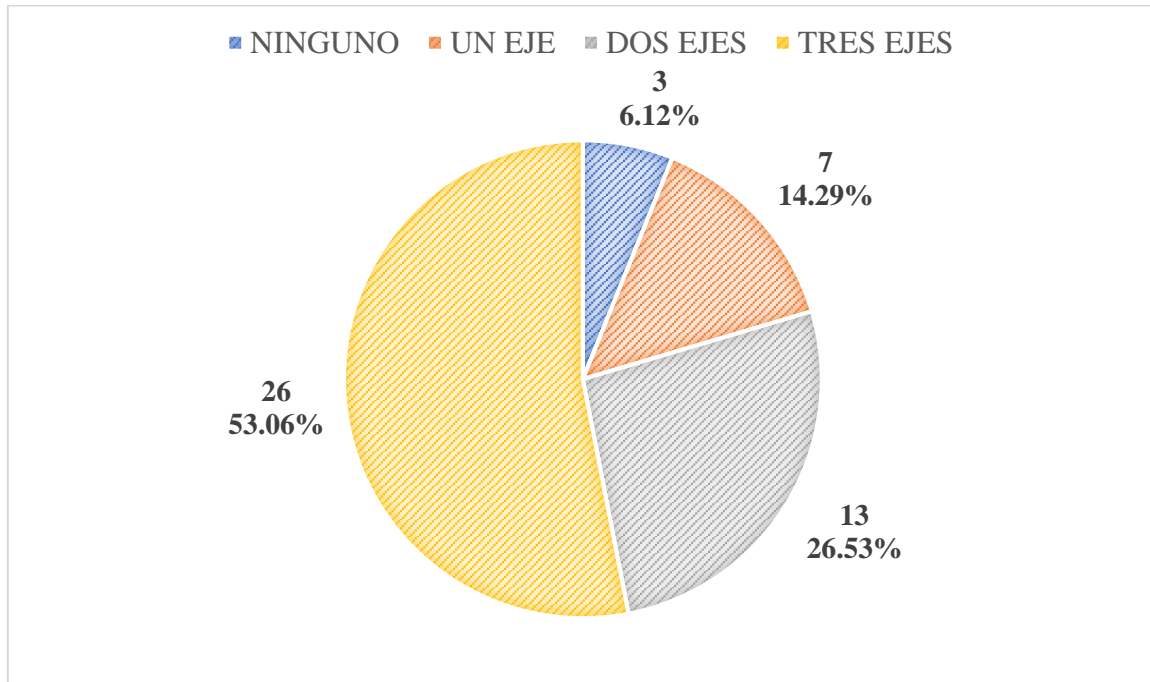
En el **Gráfico 5** se aprecia que del total de casos con variaciones en el eje Z, el 2.04 % representa un desplazamiento de 4mm., mientras que el 97.96% obtuvo un desplazamiento menor al 4 mm en el eje de coordenadas Z. Corresponde a 3 mm el 4.08%, a 2 mm el 24.49%, a 1 mm el 34.69% y a 0 mm el 39.69%



Fuente: Datos de la investigación

Gráfico 6 Variación promedio de correcciones según los ejes de coordenadas X, Y y Z.

El **Gráfico 6** muestra la variación promedio de corrección del desplazamiento de la imagen de Verificación Portal en los 3 ejes de coordenadas, X, Y y Z siendo 1.14mm, 1.10 mm y 1.04 mm.



Fuente: Datos de la investigación

Gráfico 7 Distribución de las Imágenes de Verificación Portal según cantidad de ejes con corrección.

En el **Gráfico 7** se aprecia que del total de casos presentados (incluye Imágenes verificadoras en proyección frontal y lateral), 26 (53.06%) imágenes de verificación Portal presentaron corrección en los 3 ejes, en 13 (26.53%) presentaron corrección en dos ejes, en 7 (14.29%) presentaron corrección en uno de los ejes y 3 (6.12%) no presento corrección en sus ejes.

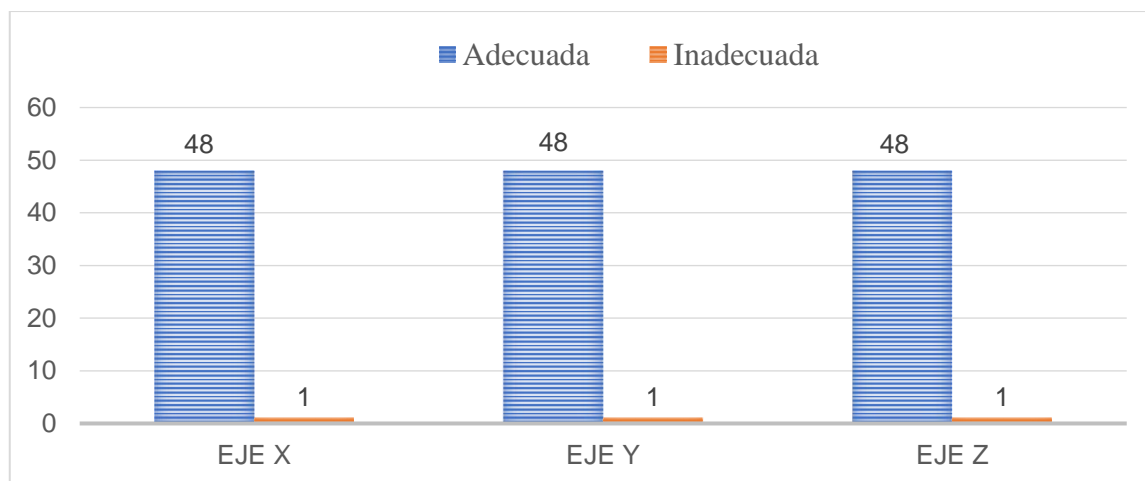
Tabla 1.

Coincidencia de Imágenes DRR e Imagen de Verificación Portal adecuada y no adecuada según ejes X, Y y Z.

COINCIDENCIA DE IMÁGENES	EJE						TOTAL	
	X		Y		Z		n	%
	n	%	n	%	n	%		
Adecuada \leq 3mm	48	97.96	48	97.96	48	97.96	144	97.96
Inadecuada $>$ 3mm	1	2.04	1	2.04	1	2.04	3	2.04
TOTAL	49	100	49	100	49	100	147	100

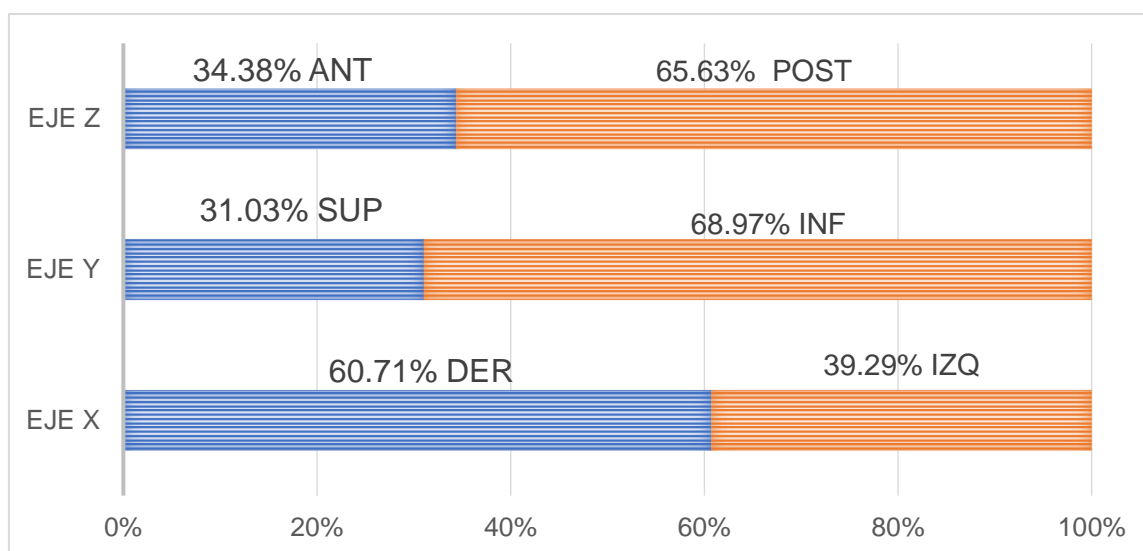
Fuente: Datos de la investigación

La **Tabla 1** muestra que, de los 147 datos analizados, en 144 datos (97.96%) los desplazamientos de Imágenes de Verificación Portal fueron menor o igual a 3 mm (coincidencia adecuada) y en 3 datos (2.04%) los desplazamientos fueron mayores a 3 mm (coincidencia inadecuada). En cada eje se obtuvo 49 datos, de los cuales se observa que en los ejes X, Y y Z la coincidencia de Imágenes fue la misma 48 (97.96%) con coincidencia adecuada.



Fuente: Datos de la investigación

Gráfico 8 Contribución de la coincidencia de Imágenes adecuada e inadecuada de la Imagen Portal según ejes X, Y y Z.



Fuente: Datos de la investigación

Gráfico 9 Distribución de las correcciones por eje y sentido, en las Imágenes de Verificación Portal.

En el **Gráfico 9** muestra los datos que obtuvieron corrección, en el eje X, según sentido, 17 (61.71%) tuvo un desplazamiento en sentido derecho y 11 (39.29 %) en sentido izquierdo. En el eje Y, según sentido, 9 (31.03%) tuvo un desplazamiento en sentido superior y 20 (68.97%) en sentido inferior. En el eje Z, según sentido, 11 (34.38%) tuvo un desplazamiento en sentido anterior y 21 (65.63%) en sentido posterior.

Tabla 2

Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje X, en sentido derecho de la Imagen de Verificación Portal.

Valido	Frecuencia	Porcentaje
1mm	7	41,2
2mm	4	23,5
3mm	6	35,3
total	17	100,0

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 3

Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje X, en sentido izquierdo de la Imagen de Verificación Portal.

Valido	Frecuencia	Porcentaje
1mm	3	27,3
2mm	5	45,5
3mm	2	18,2
4mm	1	9,1
total	11	100,0

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 4

Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje Y, en sentido superior de la Imagen de Verificación Portal.

Valido	Frecuencia	Porcentaje
1mm	6	66,7
2mm	1	11,1
3mm	2	22,2
Total	9	100,0

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 5

Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje Y, en sentido inferior de la Imagen de Verificación Portal.

Valido	Frecuencia	Porcentaje
1mm	8	40,0
2mm	5	25,0
3mm	6	30,0
4mm	1	5,0
Total	20	100,0

Fuente: Datos de la investigación

Tabla 6

Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje Z, en sentido anterior de la Imagen de Verificación Portal.

Valido	Frecuencia	Porcentaje
1mm	8	72,7
2mm	1	9,1
3mm	1	9,1
4mm	1	9,1
Total	11	100,0

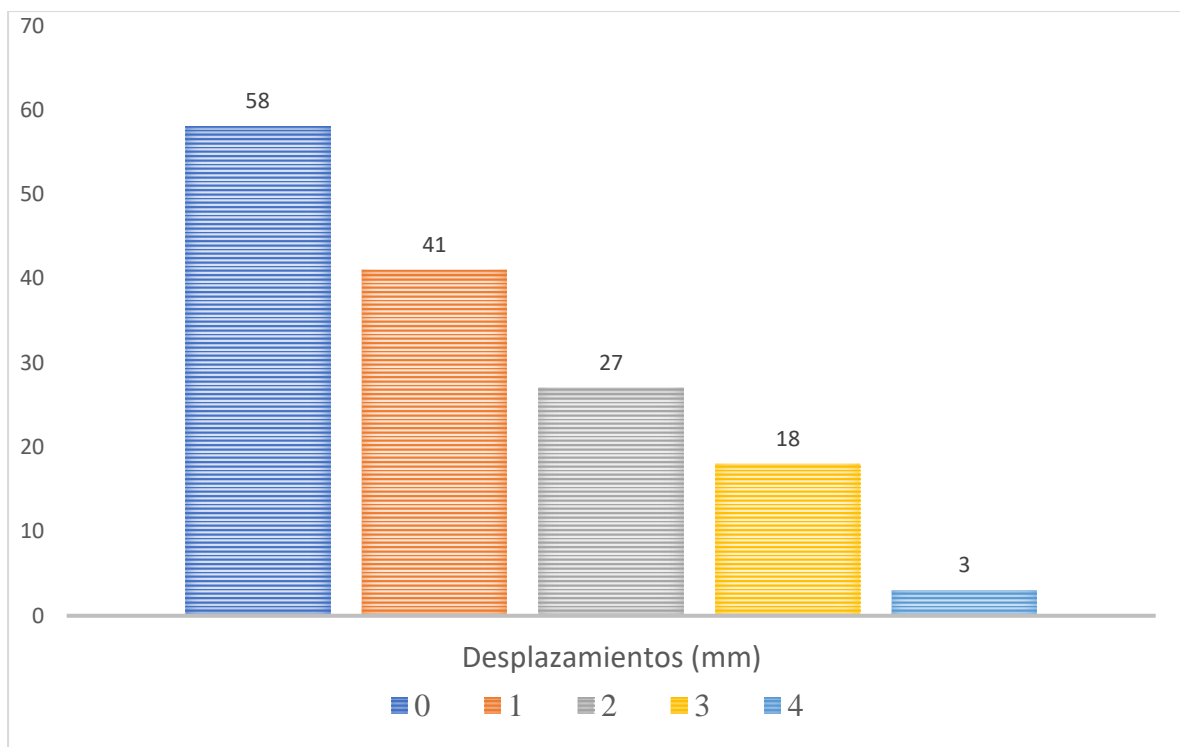
Fuente: Datos de la investigación

Tabla 7

Frecuencia y porcentaje del desplazamiento en el eje Z, en sentido posterior de la Imagen de Verificación Portal.

Valido	Frecuencia	Porcentaje
1mm	9	42,9
2mm	11	52,4
3mm	1	4,8
Total	21	100,0

Fuente: Datos de la investigación



Fuente: Datos de la investigación

Gráfico 10 *Frecuencia de los desplazamientos realizados*

En el **Gráfico 10** muestra la Frecuencia de los desplazamientos realizados en los ejes X, Y y Z en mm. Corresponde 0 mm el 39.45%, 1 mm el 27.89%, 2 mm el 18.89%, 3 mm el 12.24% y 4 mm el 2.04%.

V. Discusión de Resultados

En el presente trabajo de investigación se analizó la muestra comprendida entre enero y julio del 2018, 49 casos correspondientes a pacientes con tratamiento de radioterapia externa de tumores cerebrales, a cada paciente se le toman Imágenes de Verificación Portal que comprende una Imagen en proyección frontal y otra Imagen en proyección lateral, se obtendrán 98 Imágenes de Verificación Portal de los cuales se desprende el análisis de 147 datos.

En el resultado de la presente investigación se evidencio que 46 casos 93.88% presentaron variación en el isocentro (grafico N°1) al no obtener correcciones de 0 mm en cada uno sus ejes al mismo tiempo, ello debido a la incertidumbre de posicionamiento del paciente. De tal modo se evidencio que del total de datos evaluados sobre su respectivo eje (grafico N°2), es el eje Z el que presento mayor cantidad de correcciones con 65.31 % (32) respecto a los ejes Y y Z.

Respecto a la corrección promedio de desplazamiento según los ejes de coordenadas X, Y y Z (grafico N°6), es el eje X el que presento mayor promedio de corrección siendo 1.14 mm en comparación con ejes Y y Z, 1.10mm y 1.04 mm. El promedio obtenido es menor a los resultados recopilados por **Velásquez & Quispe (2013)** en su investigación en el Centro de Oncología Aliada donde obtuvo en promedios en el eje X= 2mm, Y= 1 mm y Z=2 mm en la zona de cabeza y cuello antes de iniciar tratamiento. Del mismo modo **Yanxin, et al. (2008)** con el objetivo de investigar las precisiones de las Imágenes de Verificación en pacientes con cáncer de cabeza y cuello donde comparo y analizo estructuras óseas, obtuvo resultados de promedios ligeramente superiores a los obtenidos en nuestra investigación, (1.40 ± 1.27) mm, (1.34 ± 1.37) mm y (1.34 ± 1.30) en eje X, Y y Z respectivamente. Es notable resaltar que **Yanxin, et al. (2008)** en su investigación ya cuenta con resultados de desplazamientos

rotacionales, algo que en nuestra institución nos vemos limitados al contar con un equipo que pueda realizar los movimientos rotacionales de corrección en la mesa de tratamiento.

Además de demostró que existe una adecuada coincidencia de imágenes al evaluar en base al umbral institucional de 3mm (tabla 1), se desprende que en 144 datos (97.96%) la corrección de desplazamiento de imágenes fueron menor o igual a 3 mm en sus ejes de coordenadas, lo que demuestra que en el Instituto de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma, existe una adecuada reproducibilidad de posicionamiento en el Tratamiento de tumores cerebrales, del mismo modo **Sánchez, Gonzales & Rocha, (2010)** en su estudio en el Centro Javeriano de Oncología, determino que existe una adecuada reproducibilidad de tratamiento en pacientes tratados en la zona pélvica pero dio la observación que en pacientes con abundante tejido adiposo presentaron una corrección mayor de 5 mm, en nuestra investigación, sobre el tratamiento de tumores cerebrales, debido a la presencia de la bóveda craneana, al poco tejido adiposo que la rodea y sobre ella el uso de la máscara termoplástica, hace factible una mejor inmovilización disminuyendo las correcciones en las Imágenes de Verificación Portal . **Velasquez & Quispe (2013)**. Evidencio en su investigación la mejor reproducibilidad de posicionamiento en la zona de cabeza y cuello, respecto a los pacientes tratados en la zona pélvica, las variaciones fueron 1-2 mm frente a 2-4 mm.

Damos la debida importancia al buen uso de dispositivos de inmovilización, en el caso de cabeza y cuello, usamos la máscara termoplástica y en el caso de tratamiento de pelvis, inmovilizadores de tobillos y soporte de rodillas, el uso adecuado de los dispositivos contribuye en la precisión de la entrega de la radiación a los respectivos volúmenes de tratamiento.

En los estudios presentados por **Strbac J. (2013)** , **Pehlivan, et al. (2009)** en donde ambos evalúan errores de posición mediante comparación de Imágenes DRR e Imágenes Portal en pacientes tratados con radioterapia externa en la zona de cabeza y cuello, recopilan datos que a diferencia de nuestros resultados, los suyos evalúan Imágenes de Verificación adquiridas a

lo largo del tratamiento y no solo al inicio, de donde pueden conseguir más datos respecto a la reproducibilidad de tratamiento, en este modo sus resultados les permiten mencionar errores de posicionamiento sistemáticos y aleatorios a lo largo del de tratamiento.

En nuestra investigación los resultados obtenidos respecto a la coincidencia de imágenes y errores de posicionamiento fueron en los ejes X. Y Z de 1.14, mm, 1.10mm, y 1.04mm. los cuales son similares a los errores sistemáticos presentados por **Strbac J. (2013)** con variaciones en sus ejes entre los 1.51 mm y 1.93 mm; y **Pehlivan, et al. (2009)** con variaciones alrededor de los 1 mm en los 3 ejes de coordenadas.

En tal sentido podemos decir que los resultados encontrados en nuestra investigación demuestran que las correcciones de los desplazamientos de las Imágenes de Verificación Portal en el tratamiento de tumores cerebrales, están dentro de los rangos normales, además se evidencia una adecuada coincidencia de imágenes dentro de los márgenes institucionales y con un mínimo margen de error, lo que demuestra un correcto posicionamiento del paciente antes de empezar con el tratamiento, a fin de evitar provocar efectos adversos no contemplados en la planificación física a los tejidos cercanos a la zona de tratamiento.

VI. Conclusiones

1. En el Instituto Peruano de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma, se determinó que existe una adecuada coincidencia de Imagen DRR e Imagen de Verificación Portal en pacientes tratados con radioterapia externa en tumores cerebrales.
2. Se determinó que el porcentaje de correcciones en las Imágenes Portal evaluadas fueron, en el eje X con 28 (57.14%); corrección en el eje Y, 29 (59.18%) y la corrección en el eje Z con 32 (65.31%).
3. El promedio de corrección de desplazamiento de las Imágenes de Verificación Portal respecto a la Imagen DRR fue en los ejes X, Y y Z fueron 1.14mm, 1.10mm, y 1.04mm.
4. Se determinó que el porcentaje de correcciones en los ejes respecto al sentido fueron similares en los ejes de coordenadas Y y Z, sin embargo, en el eje X presento una mayor corrección en el sentido derecho que en sentido izquierdo, 60.71% y 39.29%.
5. Del total de datos analizados 97.96% presento una adecuada coincidencia de Imágenes Portal y DRR, mientras que el 2.04% presente una coincidencia inadecuada respecto al umbral institucional de 3 mm.
6. El desplazamiento más frecuente fue de 0 mm (39.45%) seguido de 1 mm (27.89%) y el menos frecuente de 4 mm (2.04%).
7. El Tecnólogo Médico en Radiología que labora en el área de la Radioterapia cumple un rol fundamental, su disposición de realizar un buen posicionamiento junto a una correcta inmovilización del paciente es parte clave para el éxito del tratamiento.

VII. Recomendaciones

1. Se recomienda adquirir Imágenes Portal verificadoras al menos una vez por semana, y corroborar la ubicación del isocentro a lo largo de todo el tratamiento.
2. Mejorar los sistemas de inmovilización a nivel del cuello, hombro, y la implementación de un protocolo institucional de Verificación de posicionamiento mediante Imágenes Portal.
3. Se recomienda protocolizar los procedimientos durante la simulación por tomografía y durante todo el tratamiento radioterapéutico.
4. Se sugiere extender las investigaciones a tratamientos con nuevas tecnologías basadas en Imágenes verificadoras adquiridas mediante CBCT (Cone Beam Computed Tomography) de este modo evaluar la coincidencia de isocentro en otras partes del cuerpo.
5. Se recomienda el trabajo en equipo de todas las disciplinas, que actúan sobre el paciente, desde la simulación hasta el final del tratamiento para un tratamiento más seguro, eficiente y eficaz.

VIII. Referencias

- Aguilar, J. (2011). *La estructura del sistema nervioso*. México: Asociación Oaxaqueña de Psicología A.C. Recuperado de <http://cleuadistancia.cleu.edu.mx/cleu/flash/PAG/lecturas/poligrafia/Estructura%20sistema%20nervioso.pdf>
- American Brain Tumor Association. (2012). Sobre tumores cerebrales. Manual para pacientes y cuidadores. Chicago: ABTA. Recuperado de <https://www.abta.org/wp-content/uploads/2018/03/sobre-tumores-cerebrales.pdf>
- Arribas, L., Menéndez, A. & Chust, M. (2013). Schwannoma vestibular. En *Manual práctico de oncología radioterápica*. (pp. 269-272). Madrid: Sociedad Española de Oncología Radioterápica. Recuperado de <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>
- Alegría-Loyola, M. & Galnares-Olade, J. (2017). Tumores del sistema nervioso central. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro social*. 55(3):330-40. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2017/im173i.pdf>
- Asociación científica peruana de tecnólogos médicos en radioterapia. (s/f). El estado del arte de la radioterapia moderna: enfoque multidisciplinario. Curso Taller de la Escuela de Excelencia de Radioterapia. Lima: ACIPTECMERA- INEM.
- Badal, M. (2013). Meduloblastoma del adulto. En *Manual práctico de oncología radioterápica*. (pp. 251-256). Madrid: Sociedad Española de Oncología Radioterápica. Recuperado de <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>

- Begara de la Fuente, J. (2013). Meningiomas. En *Manual práctico de oncología radioterápica*. (pp. 243-247). Madrid: Sociedad Española de Oncología Radioterápica. Recuperado de <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>
- Barrionuevo, K. (2018). Errores de posicionamiento hallados mediante tomografía computada de haz cónico en el tratamiento de cáncer de mama con radioterapia. Agosto a diciembre 2017. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Recuperado de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8468>
- Comisión Internacional de Unidades y Medidas de Radiación. (1999). *Prescripción, registro y elaboración de informes en la terapia con haces de fotones. ICRU REPORT 62*. España: Sociedad española de física médica.
- Casquero, F. (2013). Tumores del tronco cerebral. En *Manual práctico de oncología radioterápica*. (pp. 240-242). Madrid: Sociedad Española de Oncología Radioterápica. Recuperado de <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>
- Cabrera, P. (2016, setiembre). Radioterapia en los tumores cerebrales: Evolución de la técnica. Secuelas. En HERO, 1st Internacional Conference on long-term effects of childhood cancer treatment: neurocognitive side effects. Sevilla (Spain). Recuperado de <https://idus.us.es/handle/11441/56405>
- Contreras, L. (2017). Epidemiología de tumores cerebrales. *Revista médica clínica Condes*. 2017 28(3)- 332-338. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-epidemiologia-de-tumores-cerebrales-S0716864017300585>

- Concha, E., Besa, P. & Gutiérrez, J. (2017). Manejo de los tumores cerebrales astrocíticos y oligodendrogliales. *Revista médica clínica Condes* - 28(3) 392-400. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-manejo-de-los-tumores-cerebrales-S0716864017300640>
- Guzobad, A. (2006). Procedimientos de adquisición tomográfica para planificaciones de tratamientos de radioterapia. Proyecto de prácticas en el Instituto Ángel H. Roffo. Universidad San Martín. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de [http://www.unsam.edu.ar/escuelas/ciencia/alumnos/PUBLIC.1999-2006-%20Alumnos%20P.F.I/\(RP\)%20%20GUZOBAD%20ANDREA.pdf](http://www.unsam.edu.ar/escuelas/ciencia/alumnos/PUBLIC.1999-2006-%20Alumnos%20P.F.I/(RP)%20%20GUZOBAD%20ANDREA.pdf)
- García, A. (2015). Nuevas métricas para la Verificación de tratamientos de IMRT. Tesis de doctorado. Universidad de Zaragoza. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/47445/files/TESIS-2016-047.pdf>
- García, L. (2017). Reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben tratamiento con radioterapia externa para cáncer de próstata. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7459/Garcia_cl.pdf?sequence=1
- Gómez-Vega, J. Ocampo & M. Feo, O. (2018). Epidemiología y caracterización general de los tumores cerebrales primarios en el adulto. *Universitas Medica*. V. 60 (1), 1-14. Recuperado de <file:///C:/Users/natal/Downloads/epidemiologia-2018.pdf>
- Herman, M. Kruse, J. & Hagness, C. (2000, marzo 1). Guía para el uso clínico de imágenes de portal electrónico. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*. 1(2), 38–57. Recuperado de

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5726148/?fbclid=IwAR1CbJeMwDJbH_9HAzgdUnIKcNQj4050g9bgU7Jp3VnDkQ_oRAGgTD4JGCU

Iglesias, A. (2003). Planificadores 3D y simulación virtual del tratamiento. Situación en España. Supervivencia asociada a su aplicación. Santiago de Compostela: Servicio Galego de Saúde, Axencia de Avaliación de Tecnoloxías Sanitarias de Galicia, avaliat. Recuperado de

<https://www.sergas.es/cas/Servicios/docs/AvaliacionTecnoloxias/Planificadores-3D-IA2003-01.pdf>

Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (2018). Casos nuevos de cáncer registrados en el INEM, periodo 2009-2018 (Ambos sexos). Lima: INEM. Recuperado de <https://portal.inen.sld.pe/indicadores-anuales-de-gestion-produccion-hospitalaria/>

López, J. (2014). Correlación anatomopatológica de estudio de difusión con resonancia magnética de tumores cerebrales. Tesis para optar título de médico especialista en radiología. Universidad San Martín de Porres. Lima, Perú. Recuperado de http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/usmp/2226/lopez_ja.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Louis DN, Perry A, Reifenberger G, et al. (2016) The World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. *Acta Neuropathol.* 2016;131(6):803-820. doi:10.1007/s00401-016-1545-. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27157931/>

Linares, K. (2019). Correspondencia de los valores de ADC y difusión en resonancia magnética con el grado tumoral de los tumores cerebrales en el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas de Lima-Perú, 2016-2018. Trabajo académico de especialista en

- radiología. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/7186>
- Ministerio de Salud. (2013). Tumores primarios del sistema nervioso central en personas de 15 años y más. Chile: Serie guías clínicas MINSAL. Recuperado de <http://www.bibliotecaminsal.cl/wp/wp-content/uploads/2016/04/Tumores-Sistema-Nervioso-Central.pdf>
- Magallón de Sebastián, R. & García, M. (2013). Tumores de la hipófisis. En *Manual práctico de oncología radioterápica*. (pp. 251-256). Madrid: Sociedad Española de Oncología Radioterápica. Recuperado de <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>
- Macià i Garau, M. (2013). Craneofaringiomas. En *Manual práctico de oncología radioterápica*. (pp. 261-263). Madrid: Sociedad Española de Oncología Radioterápica. Recuperado de <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>
- Martínez, E., Rico, M. & Errasti, M. (2013). Gliomas de alto grado. En *Manual práctico de oncología radioterápica*. (pp. 231-235). Madrid: Sociedad Española de Oncología Radioterápica. Recuperado de <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>
- Muñoz, V., Ochagavía, V. & Nieto, I. (2013). Gliomas de bajo grado en adultos. En *Manual práctico de oncología radioterápica*. (pp. 236-239). Madrid: Sociedad Española de Oncología Radioterápica. Recuperado de <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>
- Murillo, M. & Valentín, V. (2013). Metástasis cerebrales. En *Manual práctico de oncología radioterápica*. (pp. 290-291). Madrid: Sociedad Española de Oncología Radioterápica.

Recuperado de <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>

Navarro, E. (2014). Evaluación de la coincidencia entre el isocentro de la Imagen de simulación y verificación, en el tratamiento con radioterapia del cáncer de cuello uterino. Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas, enero - diciembre 2013. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Recuperado de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3927>

Núñez, L. (2016). *Elementos de radiofísica para técnicos superiores en radioterapia y dosimetría*. Madrid, España: ELSEVIER. Recuperado de <https://book.lat/book/4995300/12b58e?regionChanged=&redirect=12972454>

Organización Mundial de la Salud. (2018, Septiembre 12). Cáncer. En página web de la OMS. Extraído el fecha..... Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/cancer?fbclid=IwAROXLe--cJUpfjStLOKJcV0qMI1MVnI1j1agI9UjAV7vMyAZrS2FT2WYP4>

Ochandorena, K., & Moreira E. (s.f.). Simulador para marcado en radioterapia. Trabajo monográfico de licenciatura. Universidad de la República. Uruguay. Recuperado de <https://docplayer.es/52310032-Simulador-para-marcado-en-radioterapia.html>

Pérez, R. (2008). Acondicionamiento de imágenes médicas *portal* para su registro con *radiografías reconstruidas digitalmente* (DRR). Proyecto final de ingeniería en telecomunicación. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, España. Recuperado de <https://repositorio.upct.es/handle/10317/103>

Pehlivan, B., Pichenot, Ch., Castaing, M., Auperin, A., Lefkopoulos, D., Arriagada, R. & Bourhis, Jean. (2009). Evaluación de errores de configuración interfaccional mediante Imagen electrónica diaria del portal de IMRT en pacientes con cáncer de cabeza y

- cuello. *Acta Oncológica*, 48: 3, 440-445. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02841860802400610>
- Payet, E., Pérez, P., Poquioma, E. & Edgar, E. (2016). *Registro de cáncer de Lima Metropolitana. Incidencia y mortalidad 2010 – 2012. Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. Volumen 5. Lima: Ministerio de Salud. Recuperado de http://www.inen.sld.pe/portal/documentos/pdf/banners_2014/2016/Registro%20de%20C3%A1ncer%20Lima%20Metropolitana%202010%20-%202012_02092016.pdf*
- Pastor, E. (s/f). Manual práctico de capacitación de tratamientos. Lima: INEM-UNMSM.
- Romero, P., Villafranca, M., Rico, M., Manterola, A., Vila, M. & Domínguez, M. (2009). Radioterapia guiada por Imagen. Impacto clínico. *An. Sist. Sanit. Navar.* 32 (Supl. 2): 33-37. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v32s2/original4.pdf>
- Rodríguez, C., Orozco, A. & Liu Wu, Y. (2014). Consideraciones generales de la radioterapia en los tumores cerebrales pediátricos. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica* LXXI(609)165-171. Recuperado de <https://www.binasss.sa.cr/revistas/rmcc/609/art28.pdf>
- Reinado, D. (2015). Radioterapia adaptada a los movimientos fisiológicos. Incertidumbres asociadas. Tesis de doctorado. Universitat de València. Valencia, España. Recuperado de: <http://roderic.uv.es/handle/10550/49861>
- Ramos, Willy. (2019). Análisis de la situación del cáncer en el Perú, 2018. En *Boletín epidemiológico del Perú*. (p. 1298). Perú: Ministerio de Salud. Recuperado de <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2019/05.pdf>
- Sinning, M (2017). Clasificación de los tumores cerebrales. Brain tumor classification. *Revista médica clínica Condes.*,28(3)339-342. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es->

[revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-clasificacion-de-los-tumores-cerebrales-S0716864017300597](#)

Tovar, I. (2012). Variabilidad en la práctica radioterápica en cáncer de pulmón y metástasis óseas y cerebrales en Andalucía. Memoria para optar el grado de doctor. Universidad de Granada, Granada. Recuperado de <https://hera.ugr.es/tesisugr/21595641.pdf>

Sánchez, R., González, A. & Rocha, A. (2011). Reproducibilidad del posicionamiento de pacientes en tratamiento con radioterapia del Centro Javeriano de Oncología. *Univ. Méd. Bogotá-Colombia*, 52(1), 44-62. Recuperado de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/vnimedica/article/view/16036/12835>

Strbac, B & Jokic, VS. (2013, septiembre). Evaluación de errores de configuración en radioterapia de cabeza y cuello mediante imágenes de portal electrónico. *Revista oficial de la Asociación Italiana de Física Biomédica (AIFB)*, 29 (5), 531-536. Recuperado de <https://europepmc.org/article/med/23290565?fbclid=IwAR2K9O36H6QuL8DIta3jOcNMwfxxE0Js-HhRK63ynkXmC6PxDYsM6zTMgw>

Verdú, J., Algara, M & Foro, P. (2002). Atención a los efectos secundarios de la radioterapia. *Revista MEDIFAM*. Vol. 12 (7), 426-435. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/medif/v12n7/colabora.PDF>

Vélez, G. (2004). Introducción a la Física de la Radioterapia. Esp. I/III – GEAN pp. 1-49. Recuperado de https://nanopdf.com/queue/introduccion-a-la-fisica-de-la-radioterapia_pdf?queue_id=-1&x=1597366042&z=MTkwLjIzMy4yMjYuMTI=

Vilà, S., Comas, S. & Pérez, G. (2013). Ependimomas. En *Manual práctico de oncología radioterápica*. (pp. 248-250). Madrid: Sociedad Española de Oncología Radioterápica. Recuperado de <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>

- Velásquez, D. & Quispe, I. (2014). Cuantificación de la reproducibilidad del posicionamiento inmovilización para tratamientos con VMAT utilizando DRR y CBCT. Cusco, Perú: Centro Oncológico de tratamiento Integral, 1403-1411. Recuperado de https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/021/46021479.pdf
- Yanxin, Jianrong, Junlin, Li, Zhong, Guoyou, & Liansheng. (2008). Análisis de error de configuración con dispositivo de imágenes de portal de electrones para tumores de cabeza y cuello tratados con radioterapia de intensidad modulada. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 17(1), 39-42. Recuperado de https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=41095616&fbclid=IwAR3ze4T8N2zuQPt_2dmZKhKgclgsXiaodv2aZfdoJpr1mV1J0sGx1CZpx7c#

B. Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
Imagen DRR	Cualitativa	Imagen ortogonal reconstruida a partir de un volumen de imágenes de TC	-DRR Proyección frontal -DRR proyección lateral	Reparos anatómicos enviados desde el planificador	Nominal
VARIABLE DEPENDIENTE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
Imagen de Verificación Portal	Cuantitativa	Imagen radiográfica adquirida en el EPID a partir de los desplazamientos enviados desde el planificador	-Imagen Portal Proyección frontal -Imagen Portal Proyección lateral	Ejes de coordenadas (X, Y, Z)	Razón

C. Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	DISEÑO DE INVESTIGACION	POBLACION
<p>IMAGEN DRR E IMAGEN DE VERIFICACIÓN PORTAL EN EL TRATAMIENTO DE TUMORES CEREBRALES, CLINICA RICARDO PALMA, ENERO– JULIO 2018</p>	<p>-¿Cuál es la variación del desplazamiento de la imagen de Verificación Portal y la imagen DRR en el tratamiento con radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma entre los meses de enero a julio del 2018?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>-Evaluar el desplazamiento de la Imagen de Verificación Portal y la Imagen DRR en el tratamiento con radioterapia externa de tumores cerebrales en la Clínica Ricardo Palma, entre los meses de enero a julio del 2018.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>-Imagen DRR</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>-Imagen de Verificación Portal</p>	<p>Es de Tipo Observacional, Retrospectivo, y de Corte Transversal.</p>	<p>Imágenes DRR e Imágenes de Verificación Portal de pacientes sometidos a tratamientos con radioterapia externa de tumores cerebrales Enero – Julio 2018.</p>
		<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>-Determinar el porcentaje de correcciones en imágenes de Verificación Portal en los ejes de coordenadas X, Y y Z.</p> <p>-Determinar el promedio de desplazamientos de la Imagen de Verificación Portal según ejes de coordenada X, Y, Z.</p> <p>-Determinar el porcentaje de correcciones según eje de coordenadas X, Y, Z y sentido en las imágenes de Verificación Portal.</p> <p>-Determinar la coincidencia de imágenes DRR y Verificación Portal en base al Umbral de 3 mm.</p> <p>-Determinar la frecuencia de los desplazamientos realizados entre la Imagen DRR e Imagen de Verificación Portal</p>			