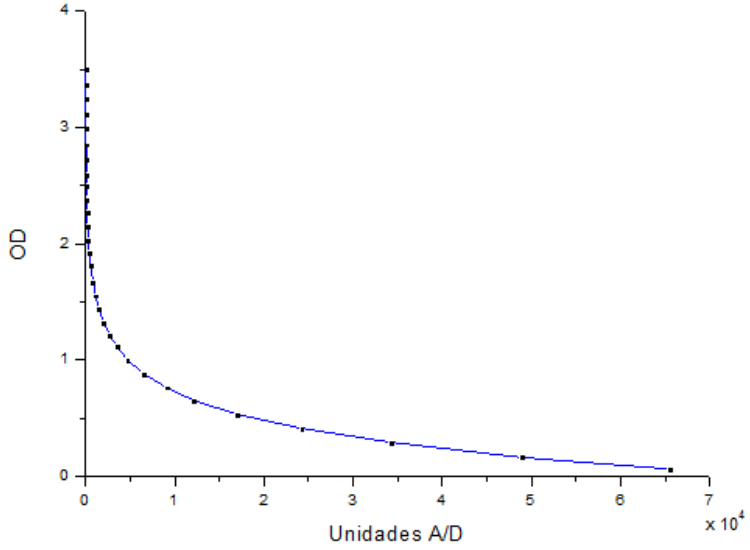
Capítulo 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Calibración del Escáner Vidar

La calibración del escáner vidar como se mencionó en la 4.1 corresponde a la curva característica de las densidades ópticas predefinidas de la película patrón en función de unidades A/D. En la figura 5.1 podemos apreciar la curva mencionada.

Figura 5.1: Curva de calibración de densidades ópticas



La forma de la curva corresponde efectivamente a la descrita en el manual de operación del software RIT 113 [21] y a la obtenida por Bucciolini et al [24].

5.2. Dosimetría absoluta

La dosimetría absoluta del acelerador Clinac iX se realizó siguiendo las recomendaciones del TRS 398 de IAEA [25]. Entre los resultados tenemos el valor del $TPR_{20,10}$=0.664 que difiere en 0.9 % del valor obtenido en las pruebas de aceptación y comisionamiento del equipo (0.670). Esto quiere decir

que la calidad del haz ha permanecido casi constante desde su comisionamiento.

La tasa de dosis a la profundidad de máxima ionización fue de 1.012[1] cGy/UM. En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos para ésta misma prueba en meses anteriores.

Cuadro 5.1: Rendimiento del acelerador líneal

Prueba	Valor esperado	Valor medido (cGy/UM)	Diferencia porcentual (%)
1	1 cGy/UM	1.021	2.1
2		1.023	2.3
3		1.007	0.7
4		1.018	1.8
5		1.012[1]	1.2

De acuerdo a los valores registrados en la tabla 5.1 para la prueba de dosimetría absoluta, se observa una variación con respecto al valor nominal de calibración (1cGy/ UM) de 2.3 % en la estabilidad de salida del equipo, éste porcentaje es inferior al valor máximo recomendado por la fábrica del 3 %.

5.3. Curva sensitométrica

Para determinar la curva sensitométrica debemos, establecer inicialmente el número de unidades monitor necesarias para entregar una dosis conocida a la profundidad de referencia en el phantom de agua sólida. Para esto se realizó el procedimiento descrito en la sección 4.3dando una tasa de dosis a la profundidad de referencia de:

$$\dot{D} = 1{,}304\ Gy/UM$$

Con éste valor para la tasa de dosis, se determinó el número de unidades monitor necesarias para entregar una dosis conocida. En la tabla 5.2 podemos observar la relación.

Cuadro 5.2: Unidades monitor necesarias para entregar la dosis correspondiente a la profundidad de referencia

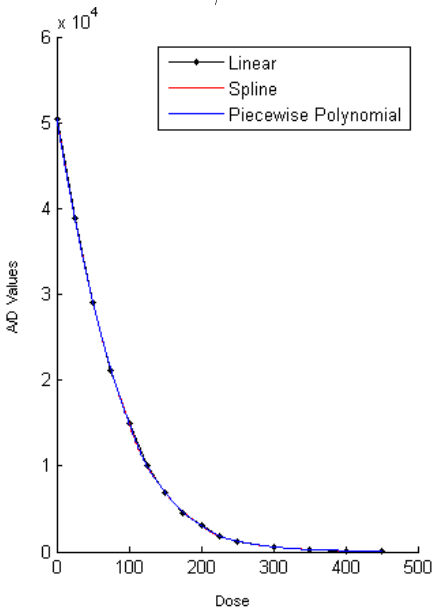
Dosis (cGy)	Unidades monitor (UM)
25	33
50	65
75	98
100	130
125	163
150	196
175	228
200	261
225	294
250	326
300	391
350	457
400	522
450	587

El resultado de la calibración de las películas EDR-2 se muestra en la figura 5.2 donde podemos

[1] Valor obtenido para la prueba

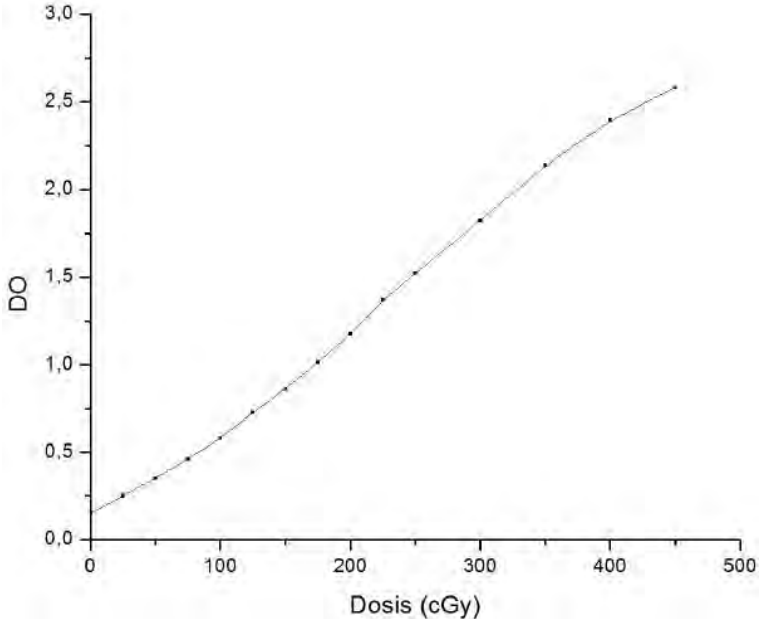
apreciar una curva de unidades A/D en función de la dosis.

Figura 5.2: Curva de calibración de unidades A/D en función de la dosis para la película EDR-2



Usando ésta curva y la curva de densidad óptica en función de unidades A/D, se puede determinar la curva de densidad óptica en función de la dosis que corresponde a la curva sensitométrica, la cual se aprecia en la figura 5.3.

Figura 5.3: Curva de calibración de densidades ópticas en función de la dosis para la película EDR-2



En este trabajo se uso la curva de unidades A/D en función de la dosis en vez de la curva de densidad óptica en función de la dosis, ya que la primera es más sensible a los cambios de los valores

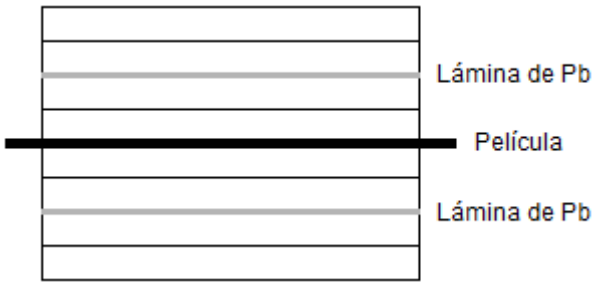
de grises en la película en comparación a la densidad óptica [26].

En la figura 5.3 se puede apreciar la linealidad en la respuesta de la película radiográfica EDR-2 en función de la dosis en el rango comprendido entre los 25 cGy hasta los 450 cGy, lo cual es consecuente con lo reportado por la empresa fabricante y la literatura [27][28].

Un factor que podría intervenir en la calibración de la película EDR-2 surge del hecho de que éstas son sensibles a fotones dispersos de bajas energías ($\sim$ 400Kev). Esto debido al contenido de elementos con un alto número atómico como el bromo y la plata en la película, lo cual incrementa la probabilidad de interacción fotoeléctrica. Al interaccionar éstos fotones con la película generan una sobre estimación de la dosis [29][24]

Para eliminar la sobre estimación causada por éstos fotones dispersos de baja energía, se plantea por algunos autores tales como: Bucciolini et al [24], el uso de láminas de plomo de 0.5mm de espesor a 1.2 cm de la película en la configuración mostrada en la figura 5.4.

Figura 5.4: Configuración recomendada para la realización de la curva e calibración de las películas EDR-2 y disminuir los efectos de la sobre respuesta de la película a fotones dispersos de bajas energías.



La curva de calibración generada en este trabajo se tomó sin tener en cuenta éste efecto. Luego es posible que en la caracterización haya pequeñas diferencias en regiones de bajas dosis.

Otro factor que también puede intervenir en la calibración de la películas es debido al procesador o revelador de películas radiográficas Kodak M35 X-OMAT el cual se trabajó en condiciones regulares y no óptimas. Lo cual podría afectar la densidad óptica de algunas películas. Como en algunas de ellas se observó la presencia de franjas con densidad óptica mayor, entonces para los fines de este trabajo solamente se consideraron las zonas no afectadas por estas franjas.

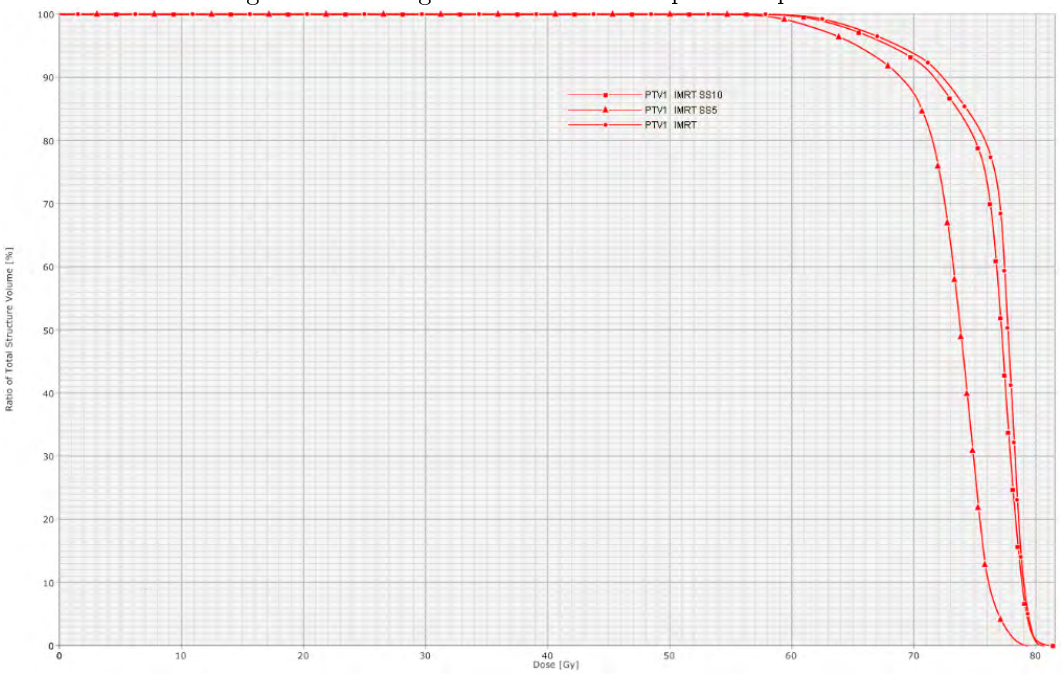
5.4. Evaluación de los planes de tratamiento

El resultado de la evaluación de los planes de tratamiento fue realizado utilizando los histogramas dosis volumen y las definiciones de los índices de conformación y de homogeneidad descritas en la sección 1.2. Así como la dosis promedio y la dosis entregada a la fracción x del volumen total del órgano a riesgo.

5.4.1. Plan 1

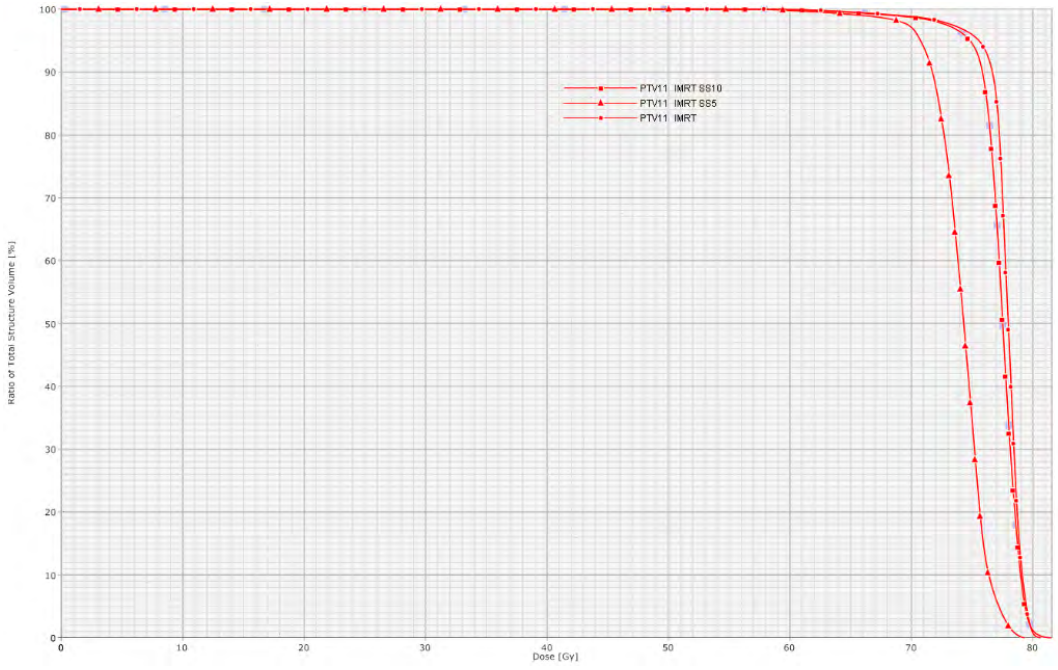
Los resultados de la planeación dosimétrica se pueden resumir en el histograma dosis volumen para el PTV1 y el PTV11. Se determinaron los índices de conformación y homogeneidad para cada volumen blanco. En la figura 5.5 se aprecia el plan comparativo de las tres modos de entrega para el PTV1.

Figura 5.5: Histograma dosis volumen plan comparativo PTV1



En la siguiente figura 5.6 vemos el plan comparativo para el PTV11.

Figura 5.6: Histograma dosis volumen plan comparativo PTV11



Estos dos histogramas (figuras 5.5 y 5.6) nos dan una indicación del cubrimiento tanto del PTV1 como del PTV11 en las tres modalidades estudiadas; por consiguiente en los dos volumenes PTV1 y PTV11, la técnica que menos los engloba es la SS5.

Los resultados para el índice de conformación e índice de homogeneidad se encuentran en la tabla 5.3.

Cuadro 5.3: Índice de conformación y de homogeneidad de los volumenes PTV1 y PTV11 en los tres modos de entrega

Volumen blanco	Técnica	CI	HI
PTV1	SW	1.17	0.294
PTV1	SS 10	1.14	0.298
PTV1	SS 5	0.48	0.377
PTV11	SW	1.23	0.356
PTV11	SS 10	0.93	0.365
PTV11	SS 5	0.81	0.434

De éstos valores, se puede observar que los índices de conformación tanto para el PTV1 como para el PTV11 y para las técnicas de entrega de la dosis SW y SS 10 son similares y se encuentran cerca del valor 1 que corrresponde a la conformación ideal. Además se puede afirmar que se encuentran dentro de los valores que recomienda el RTOG [9] para el cumplimiento de un plan de tratamiento. Esto indica un buen cubrimiento de la dosis en el blanco.

Los valores para el índice de conformación usando la técnica SS 5 para el PTV1 es 0.48 y el PTV11 es 0.81, que según las recomendaciones del RTOG están por fuera de los valores aceptados y se consideran violaciones mayores para el cumplimiento del plan de tratamiento, dado que el volumen blanco se encuentra parcialmente irradiado.

Por otro lado en lo que respecta al índice de homogeneidad, se observa un comportamiento similar para las técnicas SW y SS 10 en cuanto a la homogeneidad de la distribución de dosis. Al usar la técnica SS 5 se observa un valor para éste índice mayor que con las otras técnicas, indicando que la distribución de dosis es menos homogénea para éste caso.

En las figuras 5.7 y 5.8 podemos apreciar el histograma comparativo de los tres modos de entrega para los órganos a riesgo: Recto y vejiga.

Figura 5.7: Histograma dosis volumen plan comparativo recto

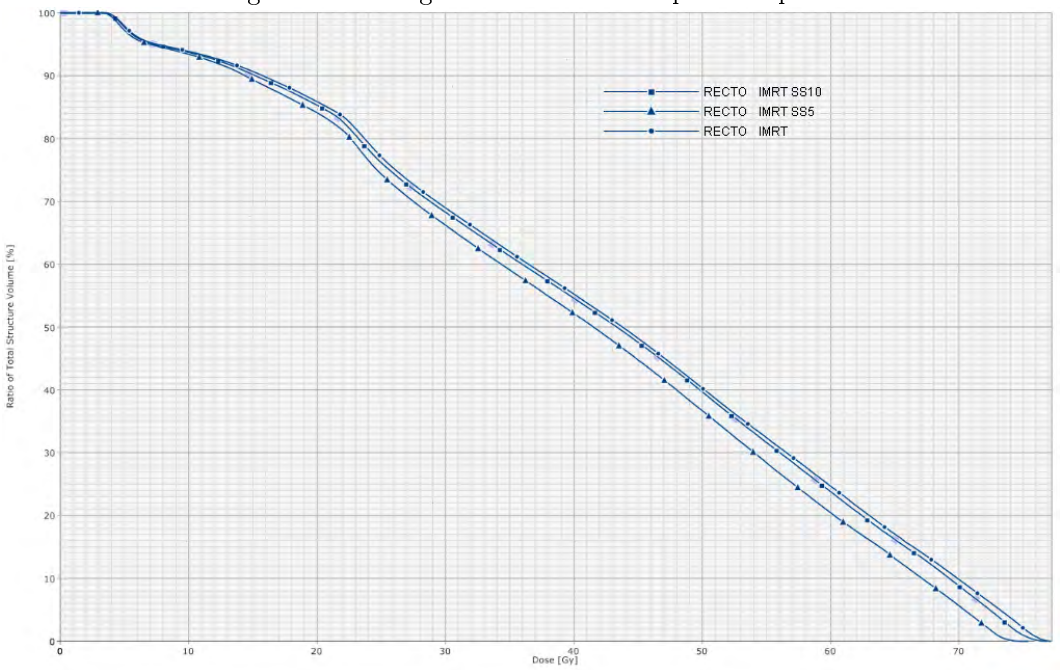
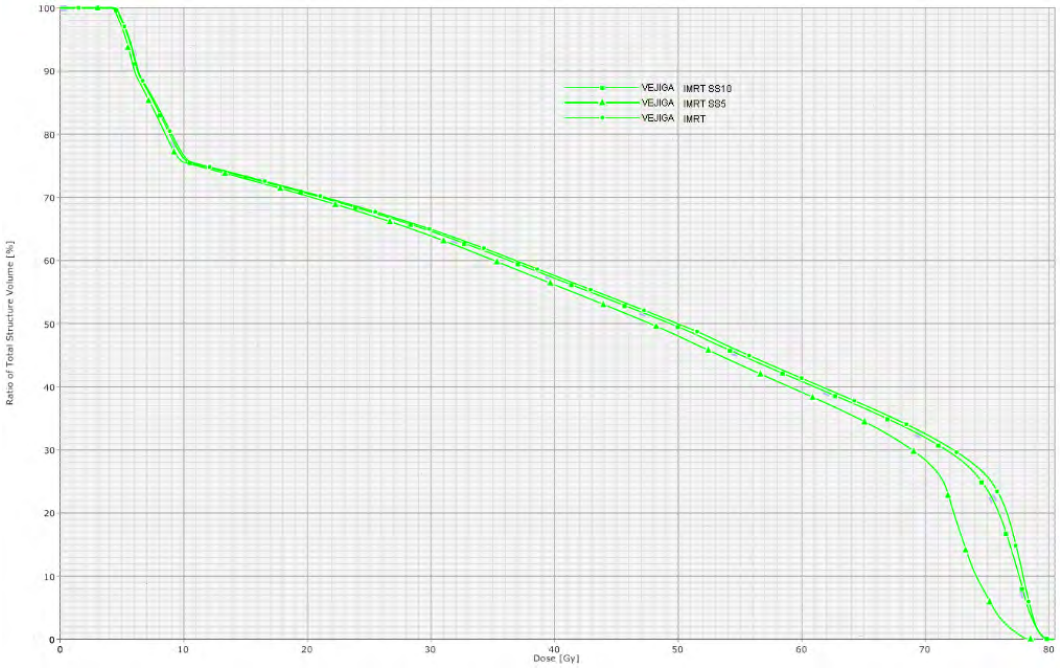


Figura 5.8: Histograma dosis volumen plan comparativo vejiga



De las figuras 5.7 y 5.8 se aprecia que la técnica de entrega de la dosis estática SS 5 reduce la dosis dada a los órganos a riesgo (recto y la vejiga).

Se determinaron la dosis promedio y la dosis entregada a 1/3 y 2/3 del volumen total para los órganos a riesgo. Estos valores aparecen registrados en la tabla 5.4.

Cuadro 5.4: Dosis promedio y dosis dada a la fracción x de volumen para los órganos a riesgo: Recto y vejiga

Órgano a riesgo	Técnica	Dosis promedio (Gy)	$D_{(1/3)V}$	$D_{(2/3)V}$
Recto	SW	42.817	54.39	31.66
Recto	SS 10	42.322	53.93	31.20
Recto	SS 5	40.775	52.03	29.73
Vejiga	SW	45.338	69.24	27.33
Vejiga	SS 10	44.943	68.65	26.90
Vejiga	SS 5	43.232	66.20	25.99

De éstos valores (tabla 5.4); así como de los histogramas dosis volumen (ver figuras 5.7 y 5.8) se observa, la disminución en la dosis que reciben lo órganos riesgo: Recto y vejiga.

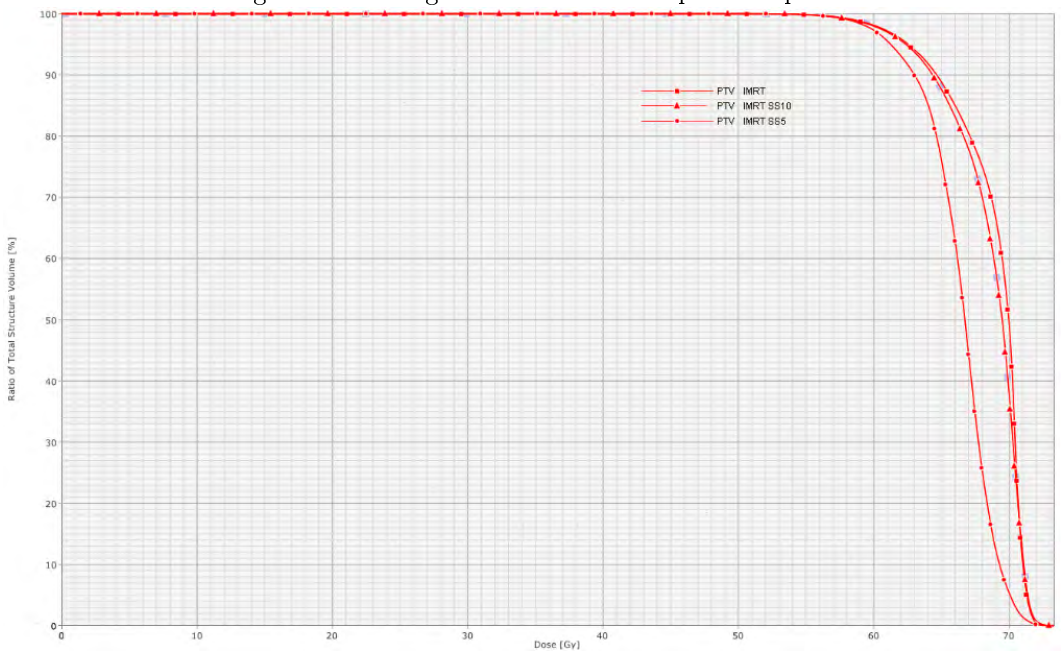
Para el recto se aprecia una reducción en la dosis promedio de 1.16 % con la técnica SS 10 y de 4.77 % en la técnica SS 5 respecto de la técnica SW. Para la dosis entregada a 1/3y 2/3 del volumen, vemos un comportamiento similar, es decir, una disminución en los valores de la dosis dada a 1/3 del volumen, la cual es de 0.85 % usando la técnica SS 10 y de 4.34 % usando la ténica SS 5 con respecto al valor para la técnica SW. Al considerar la dosis entregada a 2/3 del volumen del recto se observó una reducción de 1.45 % con la técnica SS 10 y 6.1 % con la técnica SS 5 con respecto a la técnica SW. Vale la pena resaltar, los porcentajes 4.34 % y 6.1 % que corresponden a la dosis dada con la técnica SS 5 tanto para 1/3 como 2/3 del volumen del órgano a riesgo, el recto.

Para la vejiga como se observa en la tabla 5.4, se presenta en términos generales, una disminución de la dosis promedio para ésta respecto del obtenido con la técnica SW. La reducción de ésta dosis fue de 0.87 % con la técnica SS 10 y de 4.65 % con la técnica SS 5. Para la dosis dada a 1/3 del volumen de vejiga, se aprecia que la reducción es del 0.85 % con la técnica SS 10 y de 4.39 % con la técnica SS 5 considerando como referente la técnica SW. Considerando la dosis entregada a los 2/3 del volumen de la vejiga, se ve una reducción en la dosis entregada de 27.33 Gy (técnica SW) a 26.90 Gy (técnica SS 10) y finalmente a 25.99 Gy (técnica SS 5). Ésto vislumbra una reducción del 1.57 % y 4.91 % respectivamente. Resultados que indican que la técnica SS 5 ofrece una dosis promedio menor a los otras dos estudiadas.

5.4.2. Plan 2

Siendo este plan correspondiente a un tratamiento de una lesión ubicada en la región de cabeza y cuello, los resultados de la planeación dosimétrica en cuanto al histograma dosis-volumen, se muestra en la figura 5.9

Figura 5.9: Histograma dosis volumen plan comparativo PTV



Como se aprecia en ésta figura, la técnica que presenta menor cubrimiento del PTV es la técnica SS 5.

Los valores del índice de conformación y de homogeneidad correspondientes a éste plan, se encuentran en la tabla 5.5.

Cuadro 5.5: Índice de conformación y homogeneidad para el PTV del plan 2

Volumen blanco	Técnica	CI	HI
PTV	SW	1.11	0.358
PTV	SS 10	1.07	0.362
PTV	SS 5	0.74	0.379

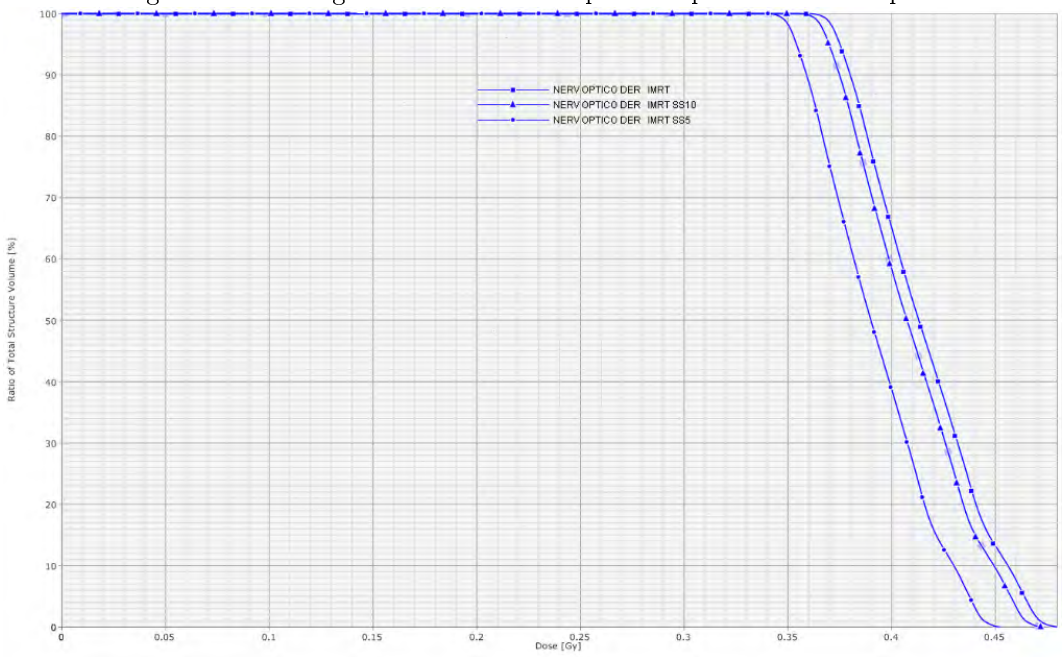
En este caso se observa que los valores de los índices de conformación para el PTV con las técnicas de entrega de la dosis SW y SS 10 son similares y están dentro de los criterios definidos por el RTOG (valores cercanos a 1) indicando una buena conformación del blanco para éstas técnicas. Al evaluar el valor para éste mismo índice con la técnica SS 5 (0.74), se evidencia que no hay una buena conformación del volumen blanco, el cual es irradiado parcialmente.

Con respecto al índice de homogeneidad, se aprecia que es similar para las técnicas de entrega de la dosis SW y SS 10; mientras que para la técnica SS 5 el valor del índice de homogeneidad es mayor. Lo cual indica que la distribución de la dosis dentro del blanco es menos homogénea para esta técnica (SS 5).

Los órganos a riesgo considerados para éste plan fueron: Nervio óptico derecho, parótida izquierda, parótida derecha y médula espinal.

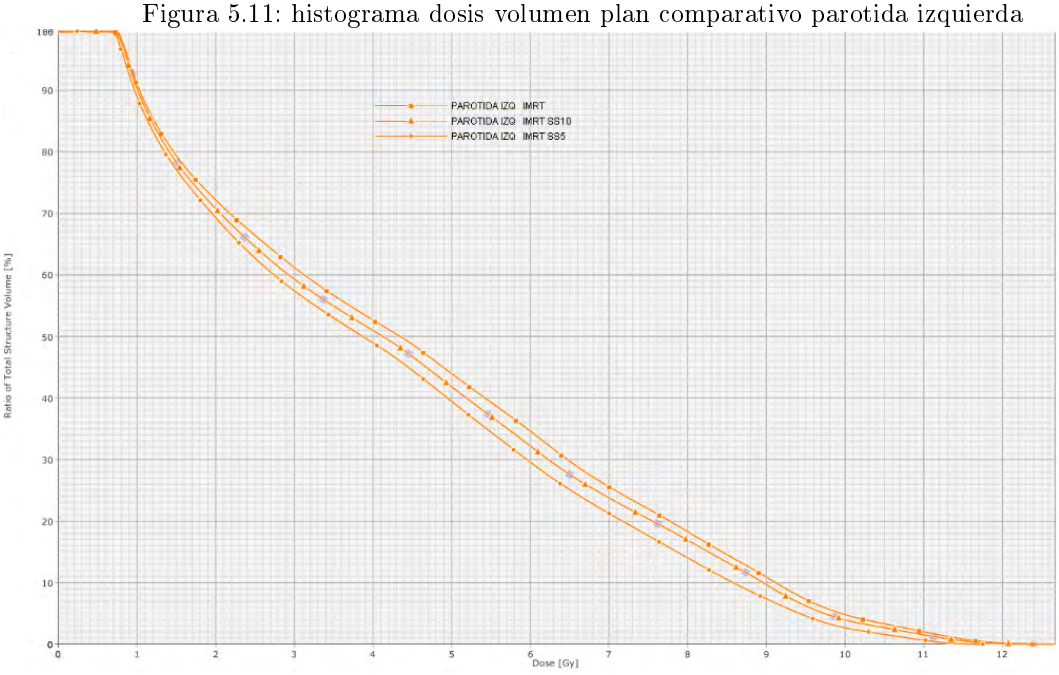
El histograma comparativo de los tres modos de entrega para el nervio óptico derecho, lo podemos ver en la figura 5.10.

Figura 5.10: Histograma dosis volumen plan comparativo nervio óptico derecho



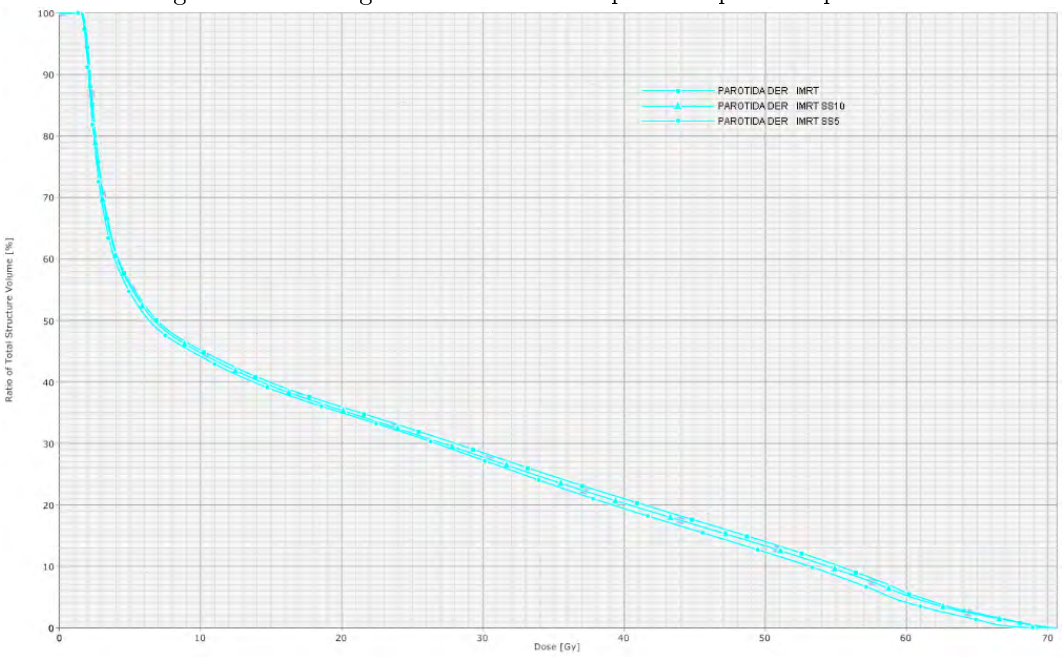
Para la parótida izquierda el histograma comparativo, se presenta en la figura 5.11

Figura 5.11: histograma dosis volumen plan comparativo parotida izquierda



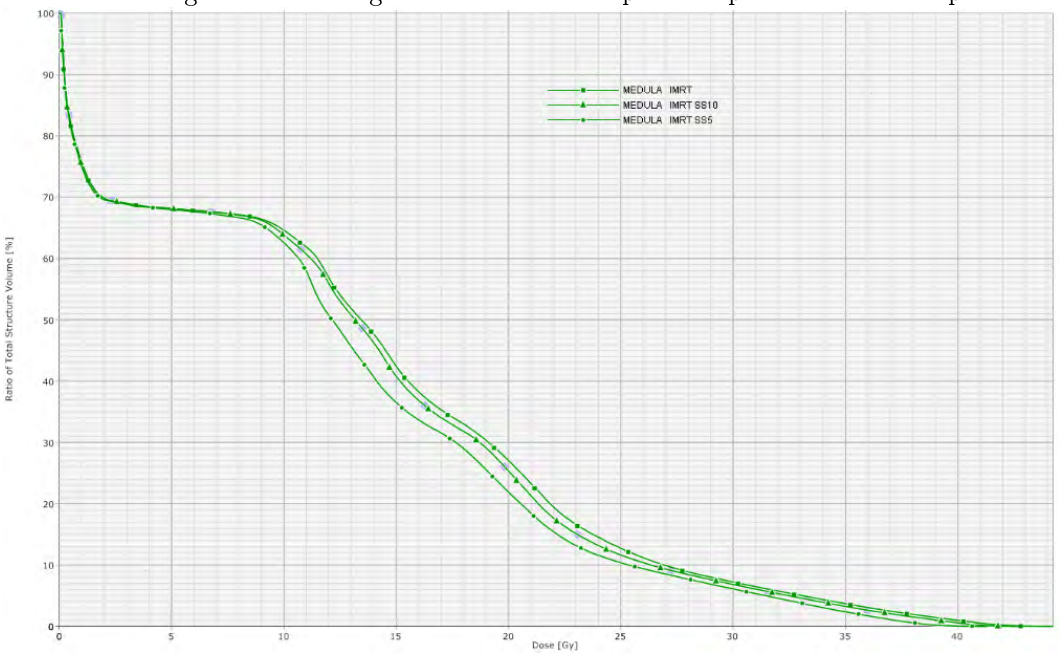
El histograma comparativo para la parótida derecha, se muestra en la figura 5.12

Figura 5.12: Histograma dosis volumen plan comparativo parotida derecha



Para la médula espinal se puede observar el histograma comparativo de los tres modos de entrega en la figura 5.13

Figura 5.13: Histograma dosis volumen plan comparativo medula espinal



De las figuras 5.10, 5.11, 5.12 y 5.13, podemos confirmar que la técnica SS5 presenta una menor dosis a los órganos a riesgo considerados.

Se determinaron la dosis promedio y la dosis entregada a la fracción x del volumen total del órgano

a riesgo.

Cuadro 5.6: Dosis promedio y dosis dada a la fracción x del volumen total de órgano para el plan 2

Órgano a riesgo	Técnica	Dosis promedio (Gy)	$D_{(1/3)V}$	$D_{(2/3)V}$
Nervio óptico derecho	SW	0.415	0.428	0.398
Nervio óptico derecho	SS 10	0.409	0.422	0.393
Nervio óptico derecho	SS 5	0.392	0.404	0.370
Parótida izquierda	SW	4.684	6.13	2.48
Parótida izquierda	SS 10	4.523	5.88	2.32
Parótida izquierda	SS 5	4.310	5.61	2.19
Parótida derecha	SW	19.246	23.59	3.39
Parótida derecha	SS 10	18.859	22.77	3.34
Parótida derecha	SS 5	18.322	22.33	3.20
Médula espinal	SW	13.234	17.85	8.77
Médula espinal	SS 10	12.935	17.32	8.67
Médula espinal	SS 5	12.282	16.14	8.07

En la tabla 5.6 se observan los valores de la dosis promedio en los órganos a riesgo estudiados. En el nervio óptico derecho tenemos: Para la dosis promedio se aprecia una disminución del 1.45 % con la técnica SS10 y del 5.54 % con la técnica SS 5 respecto de la técnica SW. En los valores de dosis entregados a 1/3 del volumen del nervio la reducción fue de 1.41 % con la técnica SS 10 y de 5.61 % con la técnica SS 5 tomando como referente el valor correspondiente a la técnica SW. Igual comportamiento se observa al considerar la dosis entregada a 2/3 del volumen del mismo órgano. La reducción fue de 1.26 % con la técnica SS 10 y de 7.04 % con la técnica SS 5 respecto a la técnica SW.

Para la parótida izquierda, la reducción en la dosis promedio respecto a la técnica SW fué de 3.44 % con la técnica SS 10 y de 7.99 % con la técnica SS 5. Para la dosis dada a 1/3 del volumen de éste órgano se aprecia en la tabla 5.6 una reducción en los valores, siendo la diferencia de 4.08 % con la técnica SS 10 y de 8.48 % con la técnica SS 5 respecto de la técnica SW. Similar tendecia se aprecia al considerar las dosis entregadas a los 2/3 del volumen de la parótida izquierda. En resumen la disminución fue de 6.45 % con la técnica SS 10 y de 11.7 % con la técnica SS 5 respecto de la técnica SW.

Para la parótida derecha, la reducción en la dosis promedio fué de 2.01 % con la técnica SS 10 y de 4.88 % con la técnica SS 5 respecto del valor correspondiente a la técnica SW. Se observa para la dosis dada a 1/3 del volumen de la parótida derecha una disminución en los valores. La diferencia es de 3.48 % con la técnica SS 10 y de 5.35 % con la técnica SS 5 respecto a la SW. Una tendencia similar se aprecia al considerar la dosis dada a los 2/3 del volumen de ésta parótida, siendo la reducción de 1.48 % con la técnica SS 10 y de 5.61 % con la técnica SS 5.

En médula espinal, se observa una disminución en la dosis promedio de 2.26 % con la técnica SS10 y de 7.19 % con la técnica SS 5 respecto del valor correspondiente para la técnica SW. Considerando la dosis dada a 1/3 del volumen de la médula, se evidencia una reducción de 2.97 % para la técnica SS 10 y de 9.58 % para técnica SS 5 con respecto a la técnica SW. De igual manera sucede con la dosis dada a 2/3 del volumen donde la reducción es de 1.14 % con la técnica SS 10 y de 7.98 % con la técnica SS 5 respecto a la técnica SW.

En resumen, los órganos a riesgo tales como, nervio óptico, parótidas derecha e izquierda y médula espinal, vemos a partir de los resultados descritos que menor contribución se recibe con la técnica SS

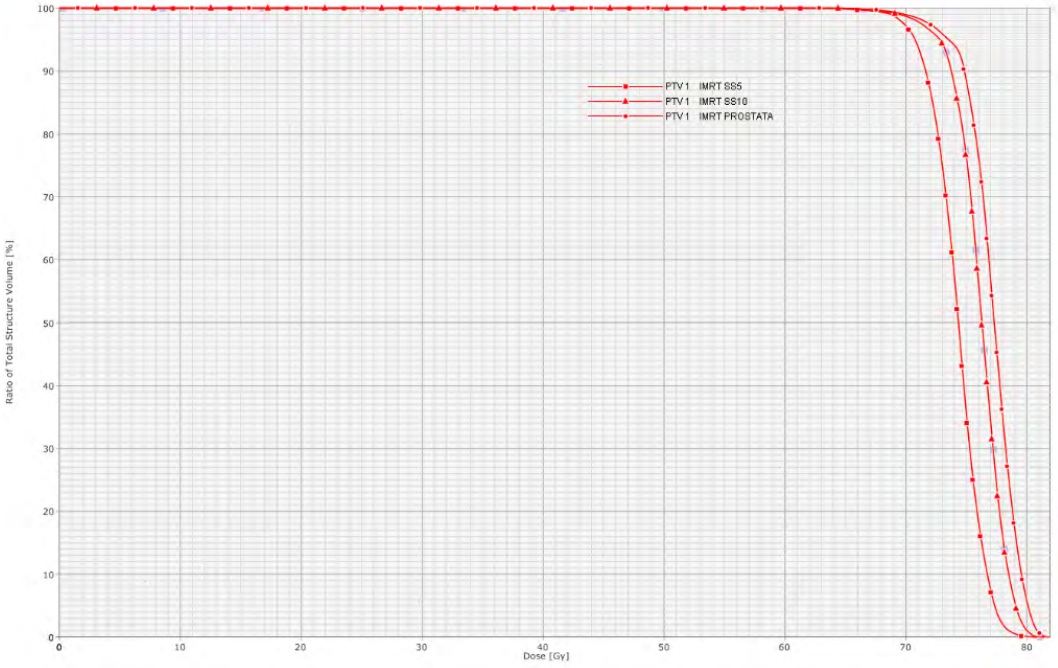
5.

5.4.3. Plan 3

Este plan corresponde a otro caso de próstata y el resultado de la planeación dosimétrica, se resume en los histogramas dosis volumen que se muestran a continuación.

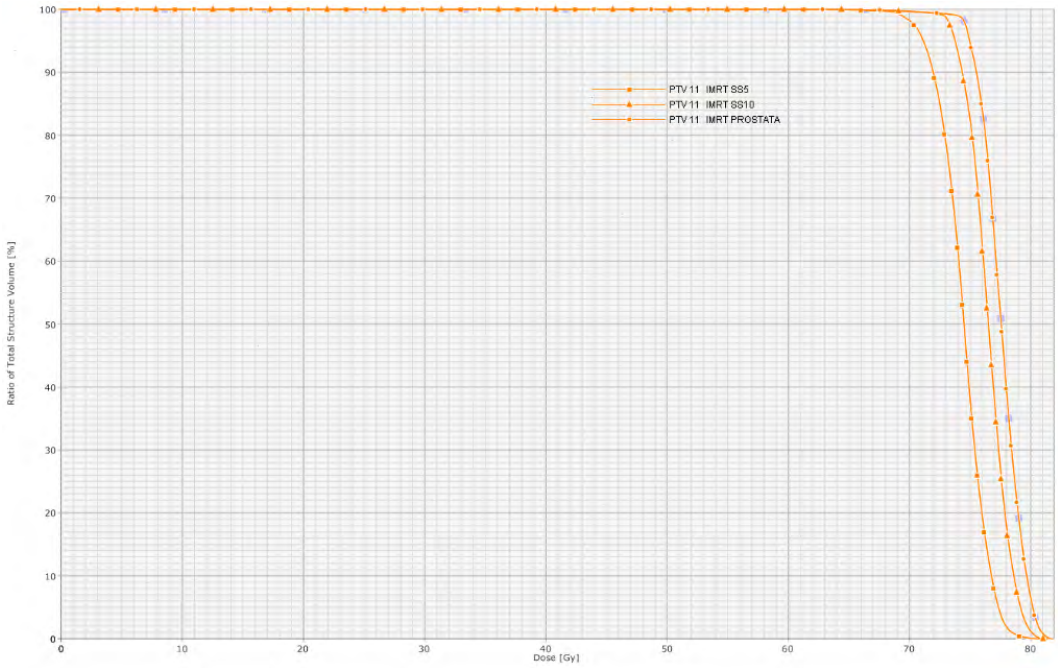
En la figura 5.14 podemos apreciar el histograma comparativo de los tres modos de entrega para el volumen PTV1.

Figura 5.14: Histograma dosis volumen plan comparativo PTV1



El plan comparativo de los modos de entrega para el PTV 11, se muestra en la figura 5.15.

Figura 5.15: histograma dosis volumen plan comparativo PTV11



De éstas figuras 5.14 y 5.15 que corresponden a los los histogramas dosis volumen para cada caso, indican que el volumen tumoral queda cubierto por lass técnicas SW y SS 10.

En la siguiente tabla 5.7, se muestran los valores de lo índices de conformación y homogeneidad para cada volumen blanco y para cada técnica en estudio.

Cuadro 5.7: Índices de conformación y de homogeneidad de los PTV 1 y PTV11 para los tres modos de entrega

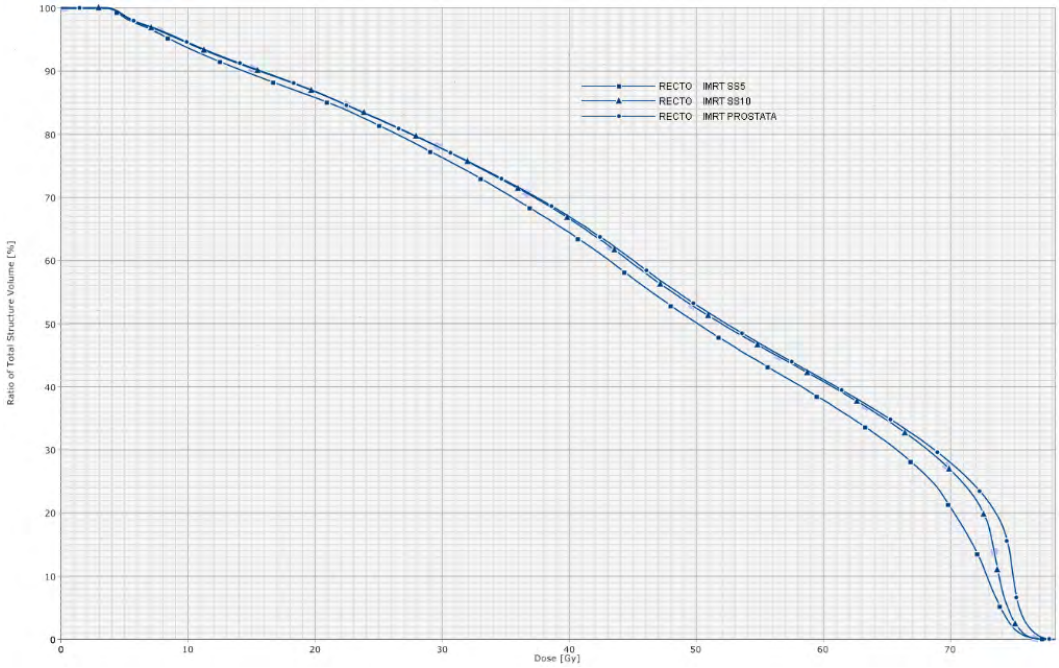
Volumen blanco	Técnica	CI	HI
PTV1	SW	1.51	0.119
PTV1	SS 10	1.24	0.151
PTV1	SS 5	0.84	0.215
PTV11	SW	1.11	0.214
PTV11	SS 10	1.10	0.215
PTV11	SS 5	0.67	0.233

De los valores del índice de conformación en las tres técnicas de entrega de la dosis y para los volúmenes blanco PTV1 y PTV11, los cuales están registrados en la tabla 5.7, se observa que las técnicas SW y SS 10 presentan un índice de conformación entre los valores establecidos por RTOG [9] para dar cumplimiento a los criterios de escogencia de un buen plan de tratamiento. Esto no sucede con la técnica SS 5 donde los valores del índice de conformación son 0.84 para el PTV1 y 0.67 para el PTV11, los cuales están por fuera de los limites establecidos por RTOG y se consideran violaciones mayores para el cumplimiento de un plan de tratamiento. Todo esto indica que las técnicas SW y SS 10 son las que presentan un mejor cubrimiento del blanco y que la técnica SS 5 cubre parcialmente el blanco. Lo cual no es recomendable si se considera que el objetivo del tratamiento con radiaciones es la eliminación total de las células tumorales del volumen blanco.

El índice de homogeneidad para el PTV1 en la técnica SW, es menor que para las técnicas SS 10 y SS 5. Lo cual indica que la distribución de la dosis es más homogénea al utilizar la técnica dinámica y es menos homogénea cuando se realiza con la técnica SS 5. Un comportamiento similar se observa para el volumen PTV11.

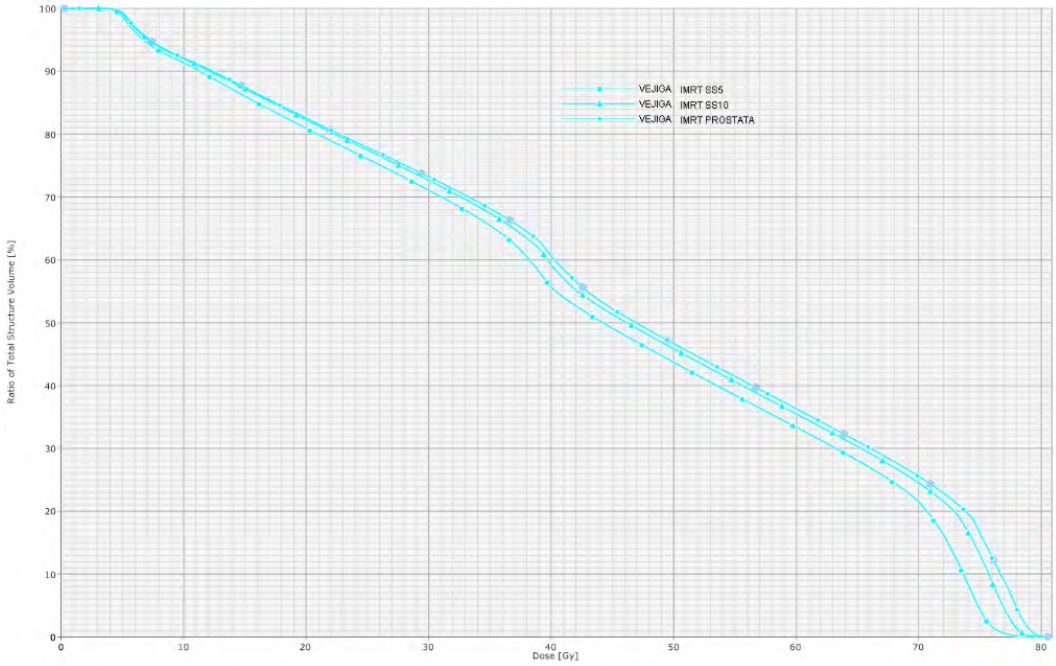
Los órganos a riesgo establecidos para este plan son el recto y la vejiga. Dada la cercanía de éstos a los volúmenes de tratamiento. En la figura 5.16 podemos apreciar el histograma comparativo para el órgano a riesgo, el recto.

Figura 5.16: Histograma dosis volumen plan comparativo recto



Para la vejiga podemos ver el histograma comparativo en la figura 5.17.

Figura 5.17: Histograma dosis volumen plan comparativo vejiga



De éstas figuras 5.16 y 5.17, podemos afirmar que se presenta una disminución en las dosis entregadas a los órganos a riesgo (recto y vejiga) cuando se usa la técnica estática con 5 niveles de intensidad.

En la tabla 5.8 se encuentran los valores de la dosis promedio y la dosis que recibe la fracción x de volumen.

Cuadro 5.8: Valores de la dosis promedio y porcentaje de dosis a la fracción x del volumen total del órgano

Órgano a riesgo	Técnica	Dosis promedio (Gy)	$D_{(1/3)V}$	$D_{(2/3)V}$
Recto	SW	49.718	66.42	40.24
Recto	SS 10	49.274	65.96	39.98
Recto	SS 5	47.701	63.51	38.26
Vejiga	SW	47.041	62.90	36.36
Vejiga	SS 10	46.372	62.10	35.60
Vejiga	SS 5	44.708	60.00	34.10

De los valores registrados en la tabla anterior y en los histogramas correspondientes (ver figuras 5.16 y 5.17), se observa una ligera disminución en los resultados obtenidos para éstos parámetros con las técnicas SS 10 y SS 5 respecto a los correspondientes a la técnica SW. La afirmación anteriormente mencionada, se basa en la disminución en la dosis promedio de 0.9 % en la técnica SS 10 y 4.06 % en la técnica SS 5. Al estudiar la dosis entregada a 1/3 del volumen de éste órgano, se observa una disminución de 0.69 % con la técnica SS 10 y de 4.38 % con la técnica SS 5. Para la dosis dada a 2/3 del volumen para el mismo órgano, la reducción fue de 0.65 % con la técnica SS 10 y de 4.92 % con la técnica SS 5.

Para la vejiga se observa a partir de los histogramas comparativos de las tres técnicas de entrega

(ver 5.16 y 5.17) y de los datos de la tabla 5.8, una reducción (1.42 %) en los valores de la dosis promedio con la técnica SS 10 respecto a la técnica SW y de 4.96 % con la técnica SS 5 respecto a la técnica SW. Al considerar la dosis entregada a 1/3 del volumen de la vejiga, se observa una disminución de 1.27 % con la técnica SS 10 respecto a la técnica SW y de 4.61 % con la técnica SS 5 respecto a la técnica SW. Para la dosis dada a 2/3 del volumen de la vejiga, tenemos una reducción de 2.09 % con la técnica SS 10 y de 6.22 % con la técnica SS 5 respecto al valor correspondiente a la técnica SW.

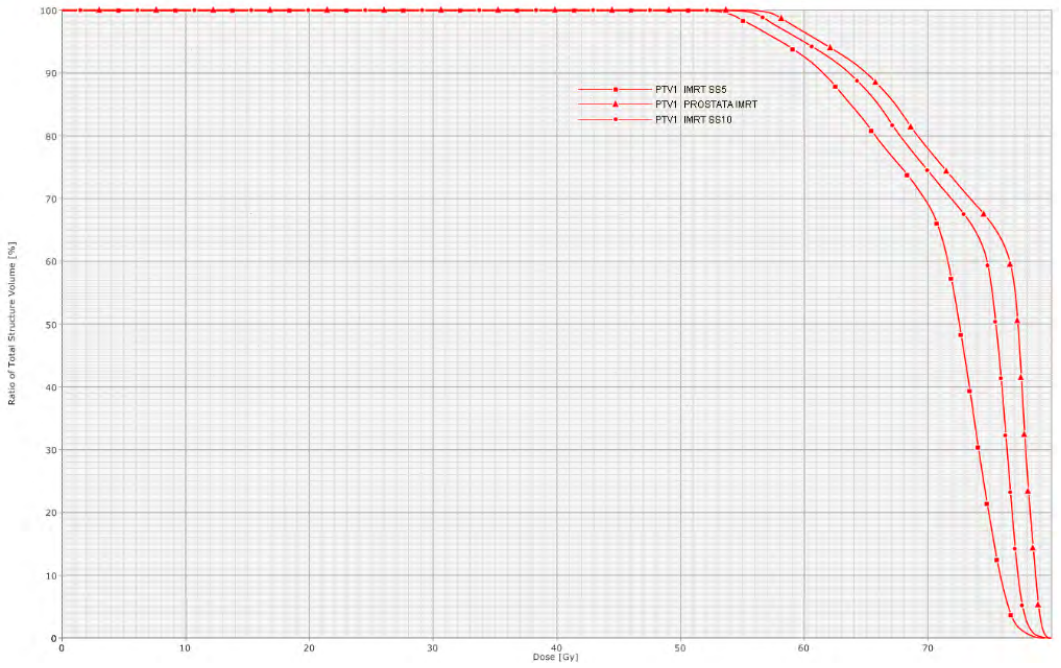
Nuevamente se observa que la técnica SS 5 presenta un mejor desempeño en la protección de los órganos riesgo, ya que las dosis entregadas a éstos son menores en comparación con las técnicas SW y SS 10.

A partir de los histogramas comparativos para los diferentes órganos a riesgo estudiados, se confirma que los valores de la dosis promedio y de la dosis entregada a 1/3 y 2/3 del volumen para lo órganos a riesgo usando la técnica estática con 5 niveles de intensidad, ofrece un mejor desempeño al considerar la protección a éstos.

5.4.4. Plan 4

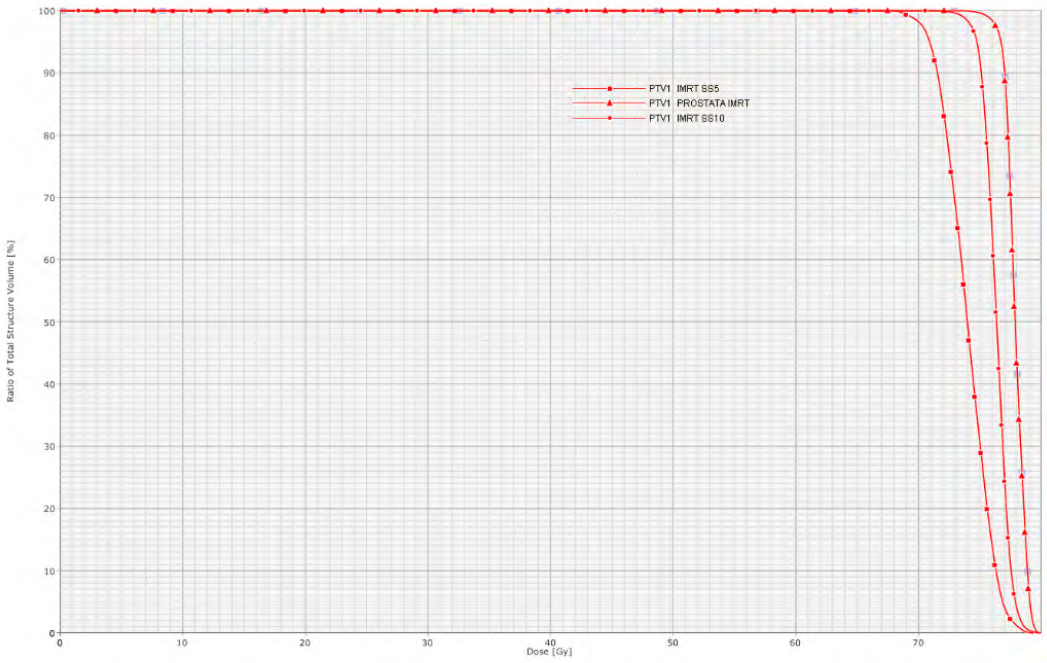
El PTV1 para éste paciente con carcinoma de próstata, el cual presenta un volumen de: 191.7 cm^3. El histograma dosis volumen comparativo para éste PTV1, se muestra en la figura 5.18.

Figura 5.18: Histograma dosis volumen plan comparativo para el PTV1



Para el PTV 11 (115.1cm^3) el histograma comparativo se puede ver en la figura 5.19.

Figura 5.19: Histograma dosis volumen plan comparativo para el PTV11



En las figuras 5.18 y 5.19, llama la atención el cubrimiento en las tres modalidades ya que a diferencia de los otros planes de Ca de próstata, la diferencia entre éstas es apreciable. Además la curva del DVH para la técnica SS 5, evidencia un menor cubrimiento de los volúmenes blanco.

Los valores de los índices de conformación y de homogeneidad se presentan en la tabla 5.9.

Cuadro 5.9: Índices de conformación y homogeneidad para los volumenes blanco PTV1 y PTV11 para el plan 4

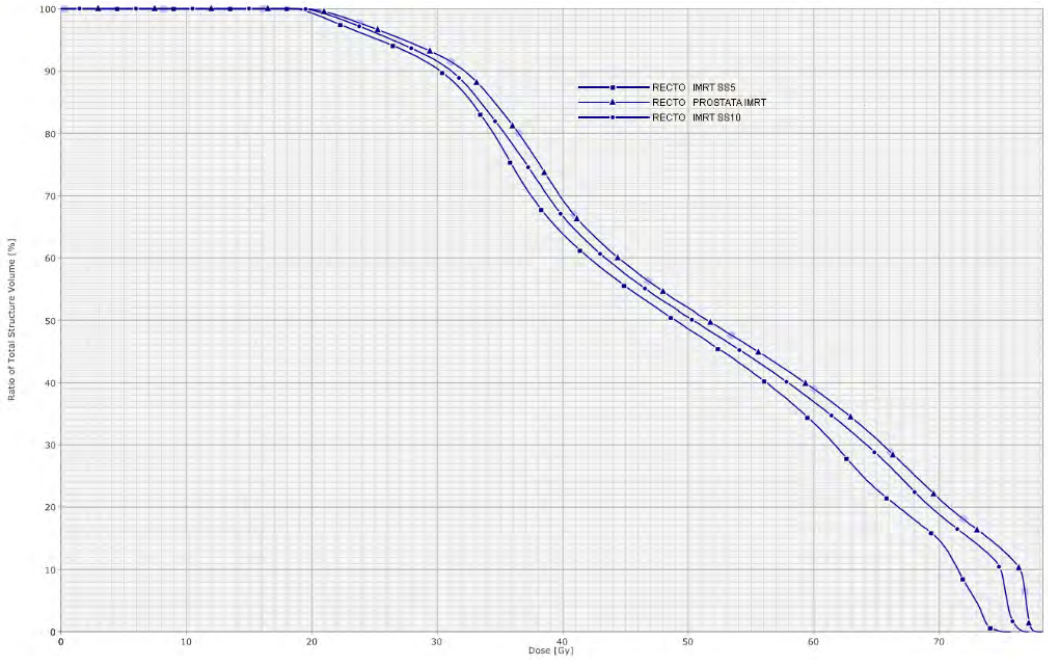
Volumen blanco	Técnica	CI	HI
PTV1	SW	1.03	0.103
PTV1	SS 10	0.94	0.135
PTV1	SS 5	0.13	0.198
PTV11	SW	1.11	0.103
PTV11	SS 10	0.93	0.116
PTV11	SS 5	0.53	0.142

De los valores del índice de conformación registrados en la tabla 5.9 se muestra que los índices para el PTV1 y el PTV11 están cerca de 1 para las técnicas SW y SS 10, lo cual indica una buena conformación del volumen blanco. Ésto no ocurre con la técnica SS 5, ya que los valores de los índices de conformación apreciablemente pequeños para ésta técnica, 0.13 para el PTV1 y 0.53 para el PTV11. De acuerdo con el RTOG estos resultados, se consideran violaciones mayores para el cumplimiento de un plan de tratamiento.

En cuanto al índice de homogeneidad, se observa que el menor valor corresponde a la técnica SW tanto para el PTV1 como para el PTV11, indicando con ésto una mayor homogeneidad en la distribución de la dosis con la técnica SW. Al observar los resultados de la tabla 5.9 , se confirma que la distribución de dosis es menos homogénea al utilizar la técnica SS 5.

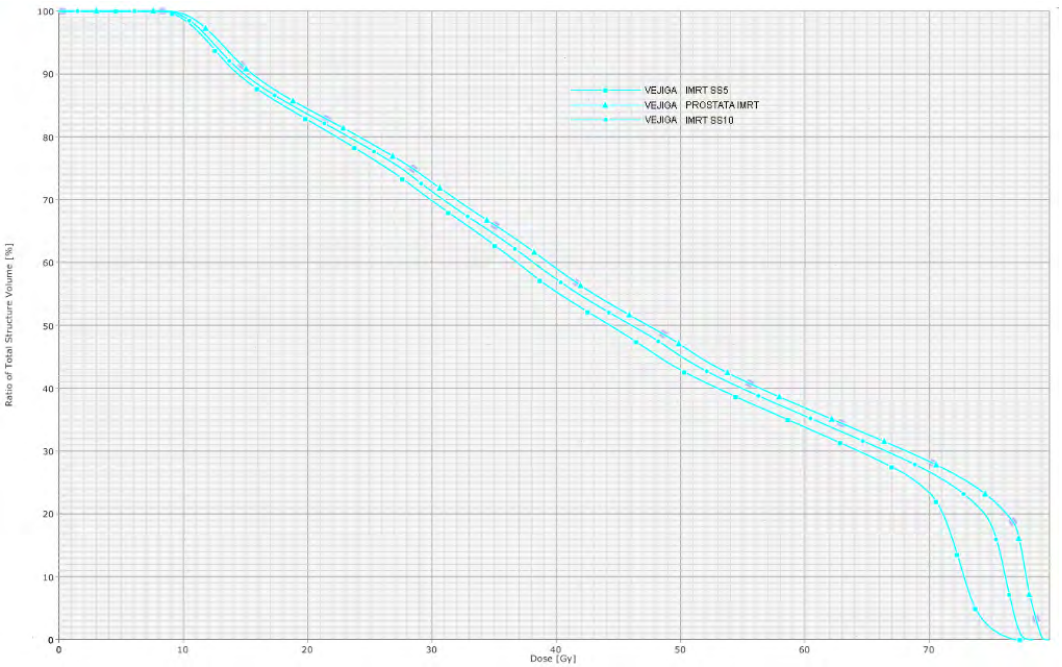
En la figura5.20 podemos apreciar el histograma comparativo para el órgano a riesgo:Recto.

Figura 5.20: Histograma dosis volumen. Plan comparativo recto



En la figura 5.21 vemos el histograma dosis volumen (DVH) comparativo para la vejiga.

Figura 5.21: Histograma dosis volumen plan comparativo vejiga



En las figuras 5.20 y 5.21, se puede apreciar nuevamente el comportamiento descrito en planes anteriores para los órganos a riesgo, a saber, la técnica estática con 5 niveles de intensidad reduce la

dosis entregada a éstos órganos.

En la siguiente tabla 5.10 están registrados los valores de la dosis promedio y de la dosis entregada a la fracción x (1/3 y 2/3) del volumen al órgano considerado.

Cuadro 5.10: Dosis promedio y dosis dada a la fracción x del volumen total del órgano para el plan 4

Órgano a riesgo	Técnica	Dosis promedio (Gy)	$D_{(1/3)V}$	$D_{(2/3)V}$
Recto	SW	52.615	63.65	41.01
Recto	SS 10	51.418	62.29	40.03
Recto	SS 5	49.683	60.10	38.75
Vejiga	SW	48.208	64.27	34.53
Vejiga	SS 10	46.936	62.63	33.42
Vejiga	SS 5	45.181	60.58	32.30

La dosis promedio para éstos órganos a riesgo, se puede apreciar en la tabla 5.10. A partir de ella, se observa una reducción de la dosis promedio, así como de la dosis entregada $^1/_3$ y $^2/_3$ del volumen tanto para recto como para la vejiga, respecto a los valores correspondientes a la técnica SW.

La reducción para el recto fué de 2.64 % con la técnica SS 10 y de 6.28 % con la técnica SS 5. En cuanto a la dosis entregada a$^1/_3$ del volumen el órgano en cuestión, se evidencia un descenso de 2.14 % con la técnica SS 10 y de 5.58 % con la técnica SS 5. Para la dosis entregada a $^2/_3$ del volumen de recto tenemos una reducción de 2.39 % con la técnica SS 10 y de 5.51 % con la técnica SS 5.

Para la vejiga tenemos una disminución en la dosis promedio de 2.64 % con la técnica SS 10 y de 6.28 % con la técnica SS 5. Considerando la dosis dada a $^1/_3$ del volumen de vejiga vemos una reducción de 2.55 % con la técnica SS 10 y de 5.74 % con la técnica SS 5. Igual comportamiento se presenta al considerar la dosis dada a $^2/_3$ del volumen de la vejiga, es decir, una reducción de 3.22 % con la técnica SS 10 y de 6.46 % con la técnica SS 5.

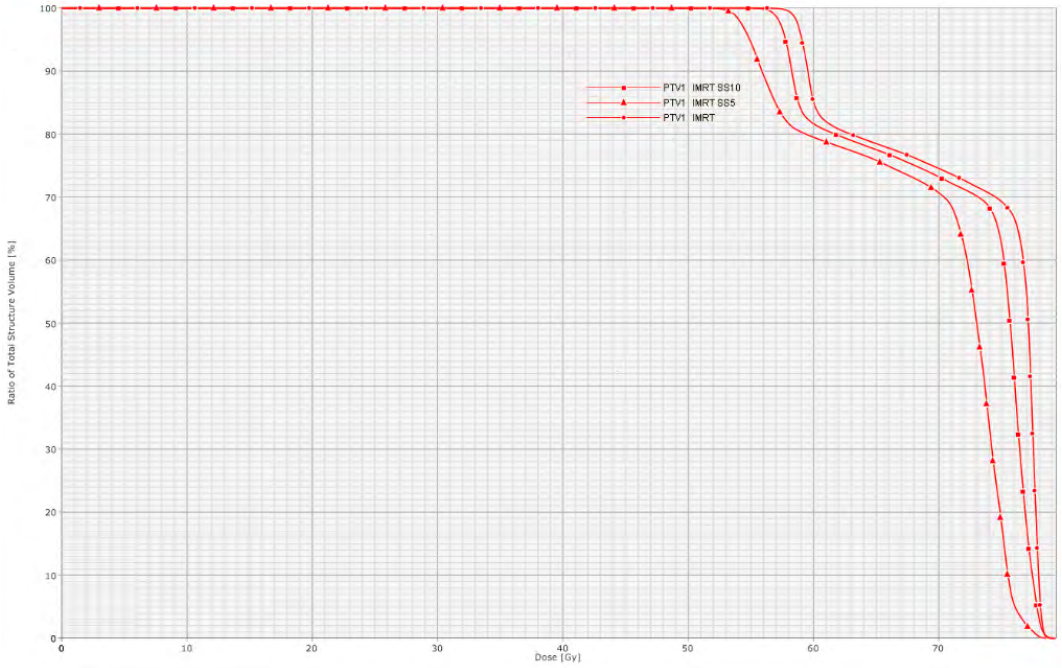
En resumen, con base en los valores de dosis promedio y dosis dada a la fracción x (1/3 y 2/3) del volumen y los histogramas dosis volumen, los cuales se muestran en las figuras 5.20 y 5.21, se evidencia nuevamente que la técnica SS 5 presenta un mejor desempeño en cuanto a la protección de órganos a riesgo.

Con el objetivo de generalizar los resultados para el caso de carcinoma de próstata, se presenta, a continuación otro plan para ésta patología.

5.4.5. Plan 5

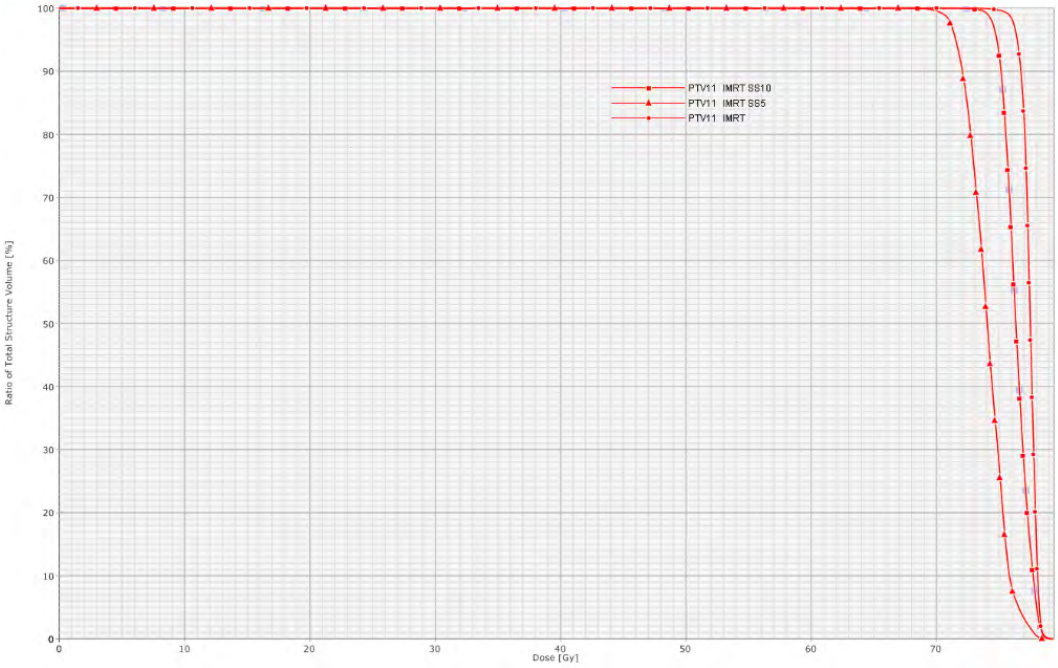
El resultado de la planeación dosimétrica para éste paciente con un volumen para el PTV1 de: 56 Gy y para el PTV11 de 18Gy, se resume en los histogramas dosis volumen, los cuales se aprecian en la figura 5.22 para el PTV1 y en la 5.23 para el PTV11.

Figura 5.22: Histograma dosis volumen plan comparativo PTV1



En la siguiente figura vemos el histograma dosis volumen comparativo para los tres modos de entrega de la dosis para el PTV11.

Figura 5.23: Histograma dosis volumen plan comparativo PTV 11



Las figuras 5.22 y 5.23 muestran que la técnica SS 5 presenta un menor cubrimiento de los volúmenes blanco para las dosis prescritas de 56Gy (PTV1) y 18 Gy (PTV11). Lo cual se confirma al estudiar los índices de conformación para cada técnica de entrega de la dosis como se realiza a continuación.

Los valores de los índice de conformación y de homogeneidad se presentan en la tabla 5.11.

Cuadro 5.11: Índices de conformación y homogeneidad para los volumenes PTV1 y PTV11

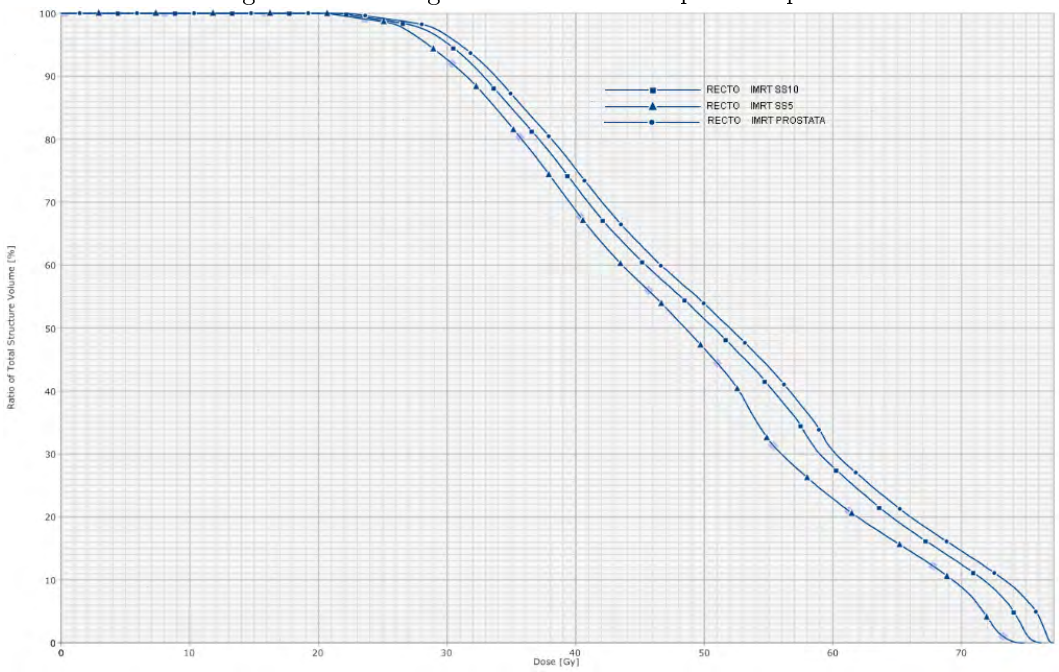
Volumen blanco	Técnica	CI	HI
PTV1	SW	1.25	0.101
PTV1	SS 10	1.11	0.133
PTV1	SS 5	0.5	0.178
PTV11	SW	1.27	0.114
PTV11	SS 10	1.20	0.120
PTV11	SS 5	0.18	0.171

En ésta tabla 5.11, se encuentran registrados los índices de conformación para los volúmenes blanco considerados. Se observa que los valores para éstos en los volúmenes PTV1 y PTV11 con las técnicas SW y SS 10 están cerca del valor de 1, lo cual indica una buena conformación para los blancos considerados y para las dosis prescritas de 56Gy y 18 Gy respectivamente, según las recomendaciones del RTOG. Por el contrario, sucede para los valores del índice de conformación para el PTV1 y el PTV11 con la técnica SS 5 son 0.5 y 0.18 respectivamente, lo cual indica que el volumen blanco queda parcialmente irradiado. Según el RTOG éstos valores se consideran una violación mayor para el cumplimiento del plan de tratamiento.

En cuanto al índice de homogeneidad, se observa de la tabla 5.11 que los valores para éste con la técnica SW tanto para el PTV1 como para el PTV11 son los menores. Indicando que la distribución de dosis es más homogénea al utilizar esta técnica de entrega en comparación con las técnicas SS 10 y SS 5.

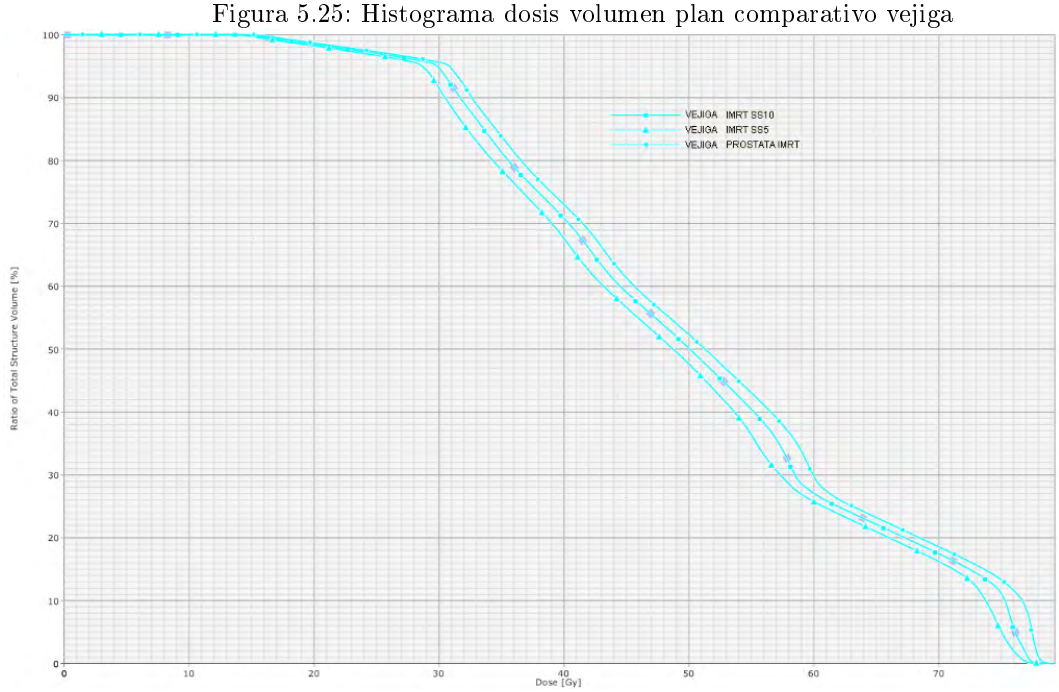
Los órganos a riesgo para este plan son el recto y la vejiga. En la figura 5.24 podemos ver el histograma comparativo para el recto.

Figura 5.24: Histograma dosis volumen plan comparativo recto



El histograma comparativo para la vejiga se puede apreciar en la figura 5.25.

Figura 5.25: Histograma dosis volumen plan comparativo vejiga



De las figuras 5.24 y 5.25, se aprecia un comportamiento similar al descrito para órganos a riesgo en planes anteriores. El cual indica que la técnica SS 5 presenta un mejor desempeño en cuanto a la protección de órganos a riesgo.

Los valores de la dosis promedio y la dosis que recibe la fracción x de volumen se muestran en la

tabla 5.12.

Cuadro 5.12: Valores de dosis promedio y de la dosis dada a la fracción x de volumen

Órgano a riesgo	Técnica	Dosis promedio (Gy)	$D_{(1/3)V}$	$D_{(2/3)V}$
Recto	SW	52.110	59.09	43.48
Recto	SS 10	50.876	57.82	42.30
Recto	SS 5	48.8	54.63	40.79
Vejiga	SW	51.990	59.10	42.86
Vejiga	SS 10	50.836	57.67	41.74
Vejiga	SS 5	49.537	55.96	40.39

De ésta tabla 5.12 vemos que se encuentran registrados los valores para la dosis promedio y la dosis entregada a 1/3 y 2/3 del volumen de recto y vejiga. Para el recto se puede apreciar una disminución de 2.37 % con la técnica SS 10 y de 6.35 % con la técnica SS 5 con respecto a la técnica SW. Para la dosis dada a 1/3 del volumen de recto la dismunición fue de 2.15 % con la técnica SS 10 y de 7.55 % con la técnica SS 5 respecto a la técnica SW. Al considerar la dosis entregada a 2/3 del volumen del órgano en cuestión, se aprecia un decrecimiento en los valores de 2.72 % con la técnica de entrega SS 10 y de 6.19 % con la técnica de entrega SS 5 con respecto al valor para la técnica de entrega SW.

Para la vejiga se puede apreciar del histograma comparativo (ver 5.25) de las tres técnicas de entrega, un resultado similar a los planes de próstata anteriormente considerados. Una reducción en los valores de la dosis promedio y en la dosis entregada a 1/3 y 2/3 del volumen de la vejiga. En la dosis promedio el decrecimiento fue de 2.22 % con la técnica SS 10 y de 4.72 % con la técnica SS 5 con respecto a la técnica SW. Para la dosis dada a 1/3 de su volumen, se presenta un comportamiento similar siendo las diferencias de 2.42 % en la técnica SS 10 y de 5.32 % en la técnica SS 5 respecto a la técnica SW. Al considerar la dosis entregada a 2/3 del volumen de la vejiga la reducción es de 2.62 % con la técnica SS 10 y de 5.76 % con la técnica SS 5 respecto a la técnica SW.

5.4.6. Plan 6

Este plan corresponde a otro paciente cuyo volumen tumoral se encuentra ubicado en la zona de cabeza y cuello y con dosis prescrita de 54 Gy al PTV1 con el fin de comprobar los resulados mencionados del plan 2. La evaluación dosimétrica del plan de tratamiento se realizó utilizando las mismas herramientas dosimétricas: El histograma dosis volumen, los índices de conformación y de homogeneidad. En la figura 5.26 podemos apreciar el histograma comparativo para el PTV1.

Figura 5.26: Histograma dosis volumen plan comparativo PTV1

Se observa de la figura 5.26 que las técnicas SW y SS 10 presentan un cubrimiento del blanco muy similar para las dosis prescritas. Caso contrario a la técnica SS 5 la cual presenta un menor desempeño en cuanto al cubrimiento del blanco con la dosis de 54Gy.

Se determinaron los valores de los índices de conformación y de homogeneidad los cuales se presentan en la tabla 5.13.

Cuadro 5.13: Índices de conformación y homogeneidad

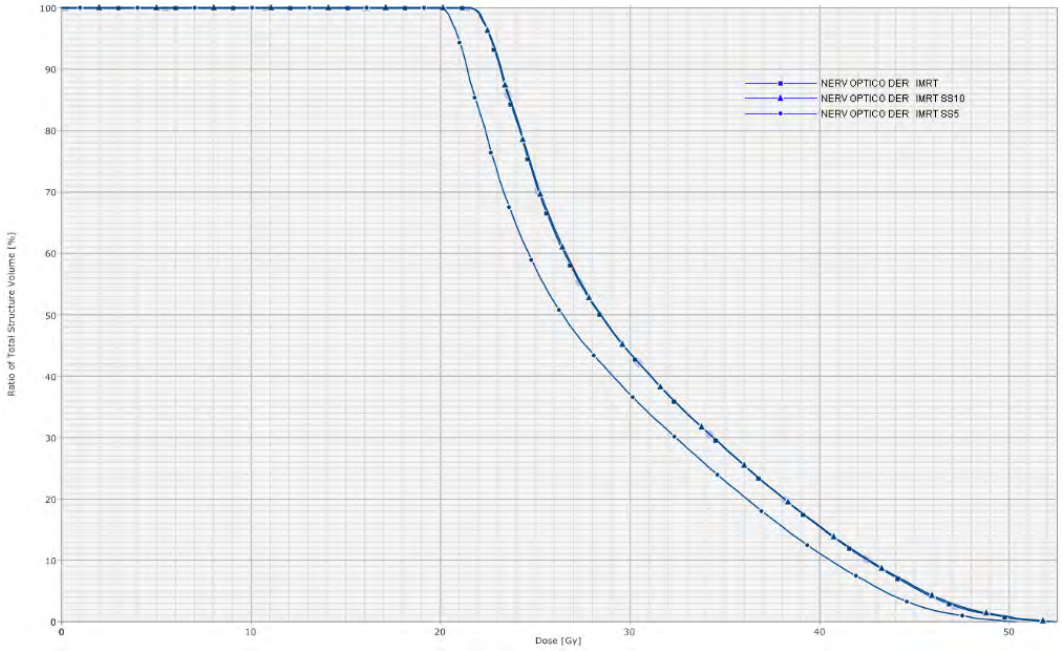
Volumen blanco	Técnica	CI	HI
PTV	SW	1,14	0,092
PTV	SS 10	1,12	0,094
PTV	SS 5	0,59	0,143

Se aprecia en ésta tabla 5.13 que los índices de conformación para el PTV con las técnicas SW y SS 10 son similares y cercanos a 1, lo cual muestra una buena conformación de la distribución de dosis en el volumen blanco. Por el contrario, se observa que el valor del índice de conformación para la técnica SS 5 de 0.59 que esta fuera de los valores considerados como aceptables por el RTOG. Indicando ésto que el volumen blanco esta parcialmente irradiado. Lo cual no es aceptable, ya que el objetivo primordial de la terapia con radiaciones ionizantes es la eliminación total de las células tumorales.

En cuanto al índice de homogeneidad, se observa que la distribución de dosis obtenida con las técnicas SW y SS 10 presentan un valor para éste índice muy similar, siendo inferiores al correspondiente para la técnica SS 5. Indicando con ésto que la distribución de dosis menos homogénea, corresponde a la obtenida en ésta última técnica

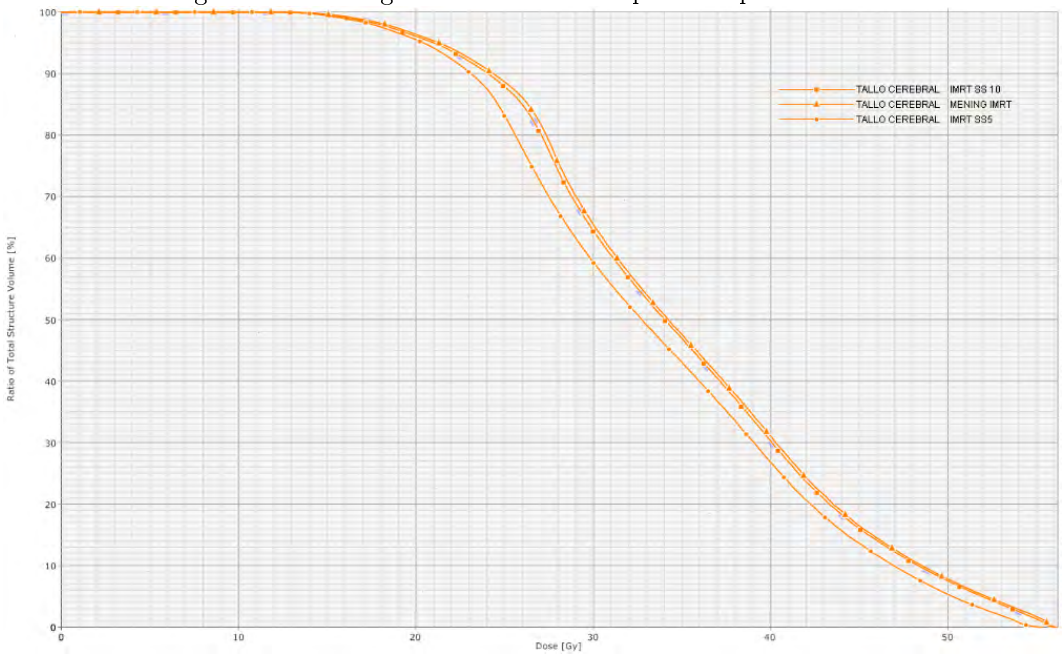
El histograma dosis volumen comparativo para el nervio óptico derecho, se muestra en la figura 5.27.

Figura 5.27: Histograma dosis volumen. Plan comparativo nervio óptico derecho



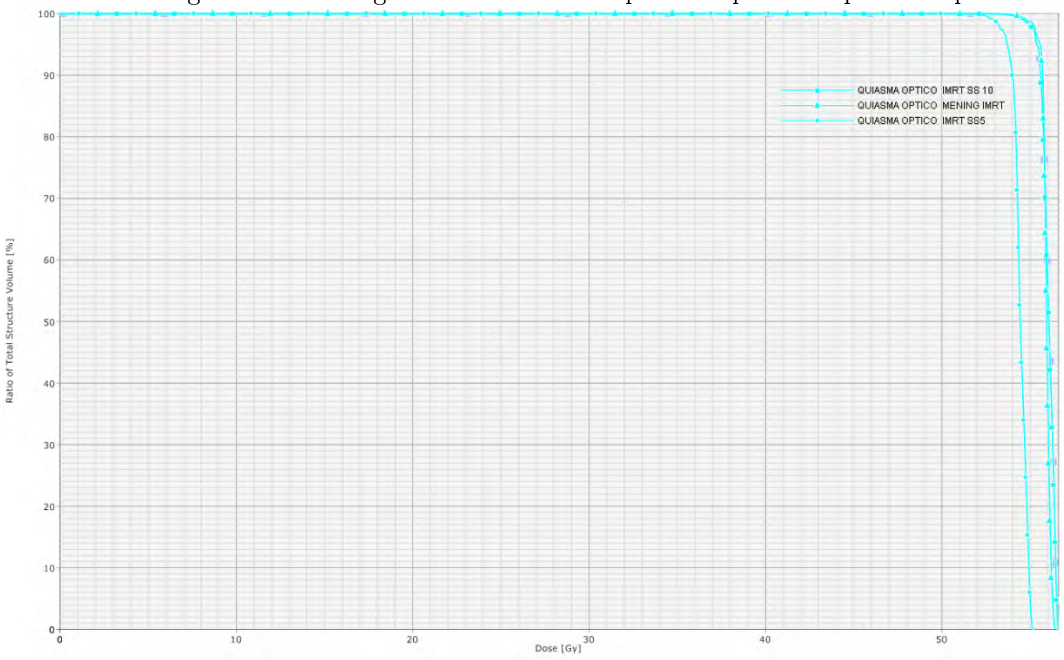
En la figura 5.28 se observa el histograma comparativo para el tallo cerebral.

Figura 5.28: Histograma dosis volumen plan comparativo tallo cerebral



En la figura 5.29 podemos apreciar el histograma comparativo para el quiasma óptico

Figura 5.29: Histograma dosis volumen plan comparativo quiasma óptico



De las figuras 5.27, 5.28 y 5.29, se puede observar un comportamiento similar para las técnicas SW y SS 10 en lo que respecta a los órganos a riesgo considerados (recto y vejiga). De la misma figura se aprecia que la técnica que más favorece la protección a los órganos a riesgo es la técnica SS 5.

En la tabla 5.14 se encuentran los valores de la dosis promedio y de la dosis recibida por la fracción x de volumen.

Cuadro 5.14: Valores de dosis promedio y de dosis dada a la fracción x de volumen

Órgano a riesgo	Técnica	Dosis promedio (Gy)	$D_{(1/3)V}$	$D_{(2/3)V}$
Nervio óptico derecho	SW	30.930	33.21	25.66
Nervio óptico derecho	SS 10	30.865	33.18	25.59
Nervio óptico derecho	SS 5	28.975	31.20	23.73
Tallo cerebral	SW	35.248	39.34	29.74
Tallo cerebral	SS 10	35.004	39.11	29.49
Tallo cerebral	SS 5	33.808	38.66	28.20
Quiasma óptico	SW	55.927	56.02	55.86
Quiasma óptico	SS 10	55.924	56.04	55.86
Quiasma óptico	SS 5	54.442	54.64	54.31

El análisis en términos generales de éste plan, arroja resultados muy similares al plan 2 y para todos los órganos a riesgo, es decir que los valores de la dosis promedio para el nervio óptico derecho presentan una reducción de 0.21 % con la técnica SS 10 y de 6.32 % con la técnica SS 5 respecto al valor correspondiente para la técnica SW. Para la dosis entregada a 1/3 del volumen del nervio óptico se puede apreciar una disminución de 0.09 % con la técnica SS 10 y de 6.05 % con la técnica SS 5 respecto de la técnica SW. Al considerar la dosis dada a 2/3 del volumen del nervio óptico derecho se aprecia de los valores registrados en la tabla 5.14 una disminución de la dosis de 0.27 % con la técnica SS 10 respecto a la técnica SW y de 7.52 % con la técnica SS 5 respecto del valor correspondiente

para la técnica SW.

Para el tallo cerebral, se observa de los datos registrados en la tabla 5.14 una disminución en los valores de la dosis promedio. La reducción es de 0.69 % con la técnica SS 10 y de 4.09 % con la técnica SS 5 con respecto a la técnica SW. Al considerar la dosis dada a 1/3 del volumen del tallo cerebral se observa un comportamiento similar, es decir una reducción que es de 0.59 % en la técnica SS 10 y de 1.73 % en la técnica SS 5 respecto de la técnica SW. Para la dosis entregada a los 2/3 del volumen de tallo se aprecia en la tabla 5.14 un descenso de 0.84 % con la técnica SS 10 y de 5.18 % con la técnica SS 5 respecto del valor correspondiente a la técnica SW.

En el quiasma óptico se observa en la tabla 5.14 una disminución en los valores para la dosis promedio. Ésta disminución corresponde a un 0.01 % con la técnica SS 10 y de 2.66 % con la técnica SS 5 respecto de la técnica SW. Para la dosis dada a un1/3 del volumen del quiasma óptico, se observa un ligero aumento en el valor de la dosis dada a 1/3 del volumen pasando de 56.02 Gy con la técnica SW a 56.04 Gy con la técnica SS 10, lo cual es un aumento de 0.036 %. Al confrontar con la técnica SS 5 se obtuvo una disminución de 2.46 % respecto del valor correspondiente para la técnica SW. Al considerar la dosis entregada a 2/3 del volumen del quiasma se observa que en las técnicas SW y SS 10 el valor es el mismo y al comparar con la técnica SS 5 se obtiene una disminución de 2.78 % con respecto a la técnica SW.

Resumiendo se observa que en los histogramas dosis volumen comparativos para los órganos a riesgo considerados en este plan, (ver en la figuras 5.27,5.28) y 5.29 que las técnicas SW y SS 10 presentan un comportamiento similar en cuanto a la protección a órganos riesgo.

5.4.7. Plan 7

Este plan corresponde al simulador físico creado en el sistema de planeación Eclipse. La evaluación dosimétrica del plan de tratamiento se realizó utilizando el histograma dosis volumen (ver figura 5.30). En la tabla 5.15 se muestran los valores del índice de conformación y de homogeneidad para el PTV.

Figura 5.30: Histograma dosis volumen plan comparativo PTV

A partir de éste histograma, (ver figura 5.30) se aprecia que la técnica estática con 5 niveles de intensidad (SS 5) presenta un menor cubrimiento del blanco. Lo cual se confirma con los índices de conformación.

El índice de conformación y de homogeneidad se presentan en la tabla 5.15.

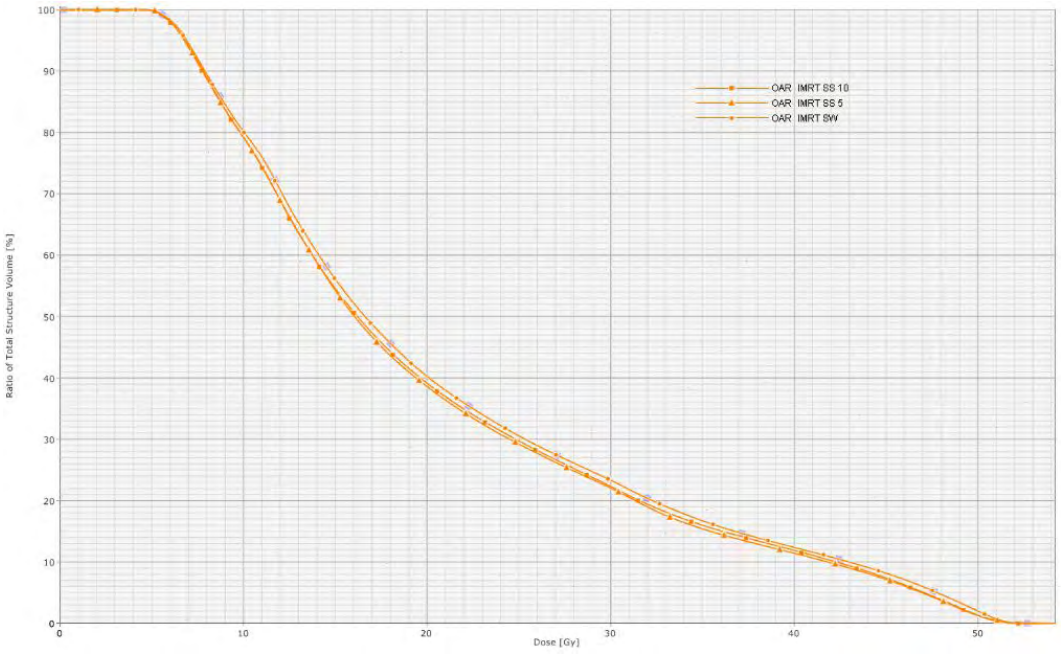
Cuadro 5.15: Índices de conformación y homogeneidad para el plan 7

Volumen blanco	Técnica	CI	HI
PTV	SW	1.09	0.229
PTV	SS 10	0.99	0.263
PTV	SS 5	0.74	0.337

De ésta tabla 5.15 se puede apreciar que los valores del índice de conformación para el PTV con las técnicas SW y SS 10 son cercanos a 1, indicando una buena conformación de la distribución de dosis en el volumen blanco. Por el contrario al observar el valor para el índice de conformación para el PTV con la técnica SS 5, el cual es 0.74, se observa que éste se encuentra fuera de los valores aceptados por RTOG [9] para el cumplimiento de un plan de tratamiento dado que se obtiene una irradiación parcial del PTV. En cuanto al índice de homogeneidad, se observa que la distribución de dosis más homogénea corresponde a la obtenida con la técnica SW. Por el contrario la distribución menos homogénea corresponde a la obtenida usando la técnica SS 5. Resultados que confirman con éste simulador físico, los obtenidos en los planes clínicos analizados.

El plan comparativo para el OAR con las tres técnicas se muestra en la figura 5.31.

Figura 5.31: Histograma dosis volumen plan comparativo OAR plan 7



A partir de éstos histogramas 5.31, se puede apreciar que la técnica que menos favorece la protección a órganos a riesgo corresponde a la técnica dinámica (SW).

En la tabla 5.16 se encuentran los valores de la dosis promedio y de la dosis dada a la fracción x del volumen total de órgano.

Cuadro 5.16: Valores de dosis promedio y de la dosis dada a la fracción x de volumen

Órgano a riesgo	Técnica	Dosis promedio (Gy)	$D_{(1/3)V}$	$D_{(2/3)V}$
OAR	SW	20.959	23.39	12.71
OAR	SS 10	20.538	22.88	12.39
OAR	SS 5	20.392	22.57	12.37

De estos valores podemos ver que la dosis promedio para el OAR, presenta una disminución de 2.01 % con la técnica SS 10 respecto a la técnica SW y de 2.71 % con la técnica SS 5 respecto de la técnica SW. Considerando la dosis dada a 1/3 del volumen del OAR, se puede apreciar una disminución de 2.18 % con la técnica SS 10 y de 3.51 % con la técnica SS 5 respecto del valor para la técnica SW. Para la dosis dada a 2/3 del volumen del OAR, se puede apreciar un decrecimiento de 2.52 % con la técnica SS 10 respecto del valor para la técnica SW y de 2.68 % con la técnica SS 5 respecto del valor para la técnica SW.

Del histograma dosis volumen que se observa en la figura 5.30 y la tabla 5.16 se puede generalizar que la técnica dinámica entrega dosis mayores al OAR.

En términos generales podemos decir que:

De los histogramas dosis volumen y los valores para la dosis promedio y la dosis dada a la fracción x (1/3 y 2/3) del volumen del órgano riesgo, de los 7 planes en estudio las técnicas SW y SS 10 presentan

un buen cubrimiento del volumen blanco para dosis prescritas, lo cual se evidencia en los valores para el índice de conformación. La técnica SS 5 por el contrario muestra índices de conformación por debajo de los establecidos por el RTOG [9], indicando que el volumen blanco quedará en éstas condiciones parcialmente irradiado, lo cual no esta acorde con los objetivos de la terapia con radiaciones ionizantes en los que se plantea la eliminación total de las células tumorales.

En lo que respecta a los órganos a riesgo considerados, se puede mencionar que en todos los planes estudiados, se observó una disminución de la dosis promedio con la técnica de entrega, siendo mayor para la técnica SW y reduciéndose ligeramente para la técnica SS 10. La mayor diferencia se obtuvo con la técnica SS 5. Al considerar la dosis entregada a $^1/_3$ y $^2/_3$del volumen de los órganos en consideración se vislumbra que la técnica de entrega que es más favorable en cuanto a la protección a órganos a riesgo es la técnica SS 5.

5.5. Medida de la dosis absoluta en un punto

La medida de la dosis absoluta en un punto con un sistema independiente (cámara de ionización) es una parte de proceso de verificación en IMRT. Para ello como se mencionó en la sección 2.6, se realiza la comparación entre la dosis medidas con la cámara en un punto y la dosis calculada por el software de planeación en ese mismo punto. En las siguientes tablas se muestran los valores de dosis medidas y calculadas en los diferentes planes y planos en estudio.

Cuadro 5.17: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica dinámica en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 1

Plan 1	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SW	2.35	2.39±0.03	-1.6
Plano 0.0	SW	2.35	2.38±0.03	-1.2
Plano -1.6	SW	2.31	2.35±0.02	-1.7

Cuadro 5.18: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 5 niveles de intensidad en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan1

Plan 1	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia(%)
Plano 1.6	SS 5	2.37	2.41±0.03	-1.6
Plano 0.0	SS 5	2.33	2.37±0.03	-1.7
Plano -1.6	SS 5	2.41	2.45±0.03	-1.6

Cuadro 5.19: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 10 niveles de intensidad en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 1

Plan 1	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia(%)
Plano 1.6	SS 10	2.39	2.42±0.03	-1.2
Plano 0.0	SS 10	2.46	2.48±0.03	-0.8
Plano -1.6	SS 10	2.37	2.42±0.03	-2

Cuadro 5.20: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica dinámica en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 2

Plan 2	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SW	2.20	2.17±0.02	1.4
Plano 0.0	SW	1.98	2.00±0.02	-1
Plano -1.6	SW	1.53	1.55±0.02	-1.3

Cuadro 5.21: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 5 niveles de intensidad en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 2

Plan 2	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SS 5	1.67	1.64±0.02	1.8
Plano 0.0	SS 5	1.54	1.54±0.02	0
Plano -1.6	SS 5	1.18	1.16±0.01	1.7

Cuadro 5.22: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 10 niveles de intensidad en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 2

Plan 2	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SS 10	1.68	1.65±0.02	1.8
Plano 0.0	SS 10	1.53	1.52±0.02	0.65
Plano -1.6	SS 10	1.17	1.15±0.01	1.7

Para el plan 3 no se considero la dosis absoluta en un punto para el plano -1.6, ya que en esa configuración geométrica la cámara de ionización quedaba ubicada fuera del campo de radiación.

Cuadro 5.23: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica dinámica en los planos 1.6 y 0.0 para el plan 3

Plan 3	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SW	2.23	2.26±0.02	-1.3
Plano 0.0	SW	2.15	2.19±0.02	-1.8

Cuadro 5.24: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 5 niveles de intensidad en los planos 1.6 y 0.0 para el plan 3

Plan 3	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SS 5	2.11	2.16±0.02	-2.3
Plano 0.0	SS 5	2.18	2.22±0.02	-1.8

Cuadro 5.25: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 10 niveles de intensidad en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 2

Plan 3	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SS 10	2.39	2.43±0.03	-1.6
Plano 0.0	SS 10	2.30	2.36±0.02	-2.5

Cuadro 5.26: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica dinámica en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 4

Plan 4	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SW	2.53	2.56±0.03	-1.1
Plano 0.0	SW	2.51	2.56±0.03	-1.9
Plano -1.6	SW	0.72	0.70±0.01	2.8

Cuadro 5.27: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 5 niveles de intensidad en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 4

Plan 4	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SS 5	2.46	2.48±0.03	-0.8
Plano 0.0	SS 5	2.50	2.56±0.03	-2.3
Plano -1.6	SS 5	0.69	0.67±0.01	3

Cuadro 5.28: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 10 niveles de intensidad en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 4

Plan 4	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SS 10	2.54	2.56±0.03	-0.78
Plano 0.0	SS 10	2.51	2.55±0.03	-1.5
Plano -1.6	SS 10	0.75	0.73±0.01	2.7

Cuadro 5.29: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica dinámica en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 5

Plan 5	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SW	2.51	2.54±0.03	-1.2
Plano 0.0	SW	2.52	2.57±0.03	-1.9
Plano -1.6	SW	2.52	2.56±0.03	-1.5

Cuadro 5.30: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 5 niveles de intensidad en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 5

Plan 5	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SS 5	2.47	2.51±0.03	-1.5
Plano 0.0	SS 5	2.37	2.41±0.03	-1.6
Plano -1.6	SS 5	2.48	2.52±0.03	-1.6

Cuadro 5.31: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática co 10 niveles de intensidad en los planos 1.6, 0.0 y -1.6 para el plan 5

Plan 5	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SS 10	2.46	2.51±0.03	-2
Plano 0.0	SS 10	2.43	2.48±0.03	-2
Plano -1.6	SS 10	2.47	2.54±0.03	-2.7

Para el plan 6 no se considero la dosis absoluta en un punto para el plano -1.6, ya que en esa configuración geométrica la cámara de ionización quedaba ubicada fuera del campo de radiación.

Cuadro 5.32: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica dinámica en los planos 1.6 y 0.0 para el plan 6

Plan 6	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SW	1.89	1.91±0.02	-1
Plano 0.0	SW	1.79	1.73±0.02	3.4

Cuadro 5.33: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 5 niveles de intensidad en los planos 1.6 y 0.0 para el plan 6

Plan 6	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SS 5	1.67	1.66±0.02	0.6
Plano 0.0	SS 5	1.79	1.76±0.02	1.7

Cuadro 5.34: Comparación de la dosis calculadas y medidas para la técnica estática con 10 niveles de intensidad en los planos 1.6 y 0.0 para el plan 6

Plan 6	Técnica	Dosis calculada (Gy)	Dosis medida (Gy)	Diferencia (%)
Plano 1.6	SS 10	1.73	1.72±0.02	0.6
Plano 0.0	SS 10	1.63	1.66±0.02	-1.8

Considerando los resultados de la medida de la dosis absoluta en un punto, los cuales se encuentran registrados en las tablas 5.17 a la 5.34 se puede apreciar que la diferencia entre los valores de dosis medidos y los calculados no superan el 3 %, lo cual esta de acuerdo con el criterio de aceptación establecido para la diferencia de dosis. En el plano 0.0 del plan 6 con la técnica dinámica, se obtuvo un porcentaje de diferencia que superó ligeramente el criterio de aceptación.

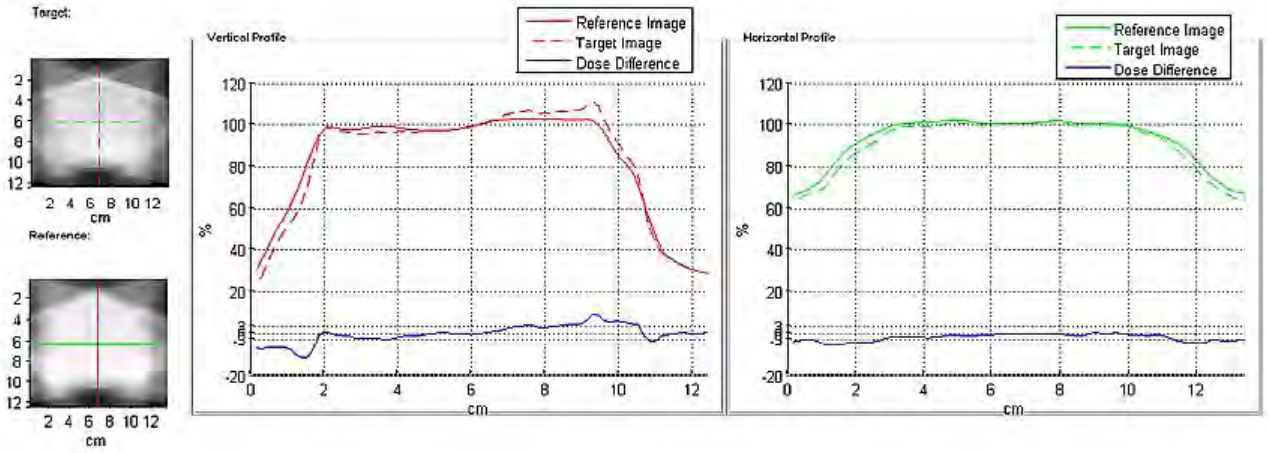
5.6. Comparación de las distribuciones de dosis

La comparación de las distribuciones de dosis, se realizó usando el software RIT 113 y los conceptos de diferencia de dosis, así como el índice gamma. A continuación se muestra la comparación de las distribuciones de dosis medidas con las calculadas para las tres técnicas de entrega: Dinámica (SW), estática con 10 niveles de intensidad (SS 10) y estática con 5 niveles de intensidad (SS 5), en el plano 1.6. La comparación en los otros planos (0.0 y -1.6) se muestran en los anexos 1 y 2 respectivamente.

5.6.1. Plan 1

El resultado de la comparación de la distribuciones de dosis medida y calculada para la técnica dínamica (SW) para el plano 1.6 se puede apreciar en la figura 5.32 donde se muestran tanto la distribución de dosis medida (Target) como la calculada (Reference). La línea roja corresponde al perfil vertical y la línea verde al perfil horizontal. La línea azul representa la diferencia de dosis.

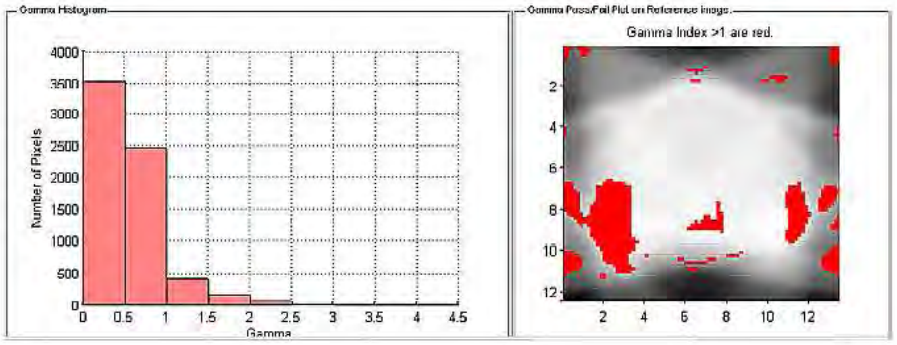
Figura 5.32: Diferencia de dosis con la técnica dinámica en el plano 1.6 para el plan 1



De la figura 5.32, se puede apreciar que la mayoria de los puntos considerados están dentro del criterio de aceptación del $\pm 3\,\%$ para la diferencia de de dosis.

En la figura 5.33 podemos apreciar el diagrama de paso/fallo del índice gamma y el histograma correspondiente indicando el número de píxeles dentro de la distribución que no cumplen los criterios de aceptación. En el diagrama de paso/fallo se pueden observar las zonas donde se presenta un índice gamma $\gamma > 1$ las cuales corresponden a las zonas en rojo (725 pixeles)

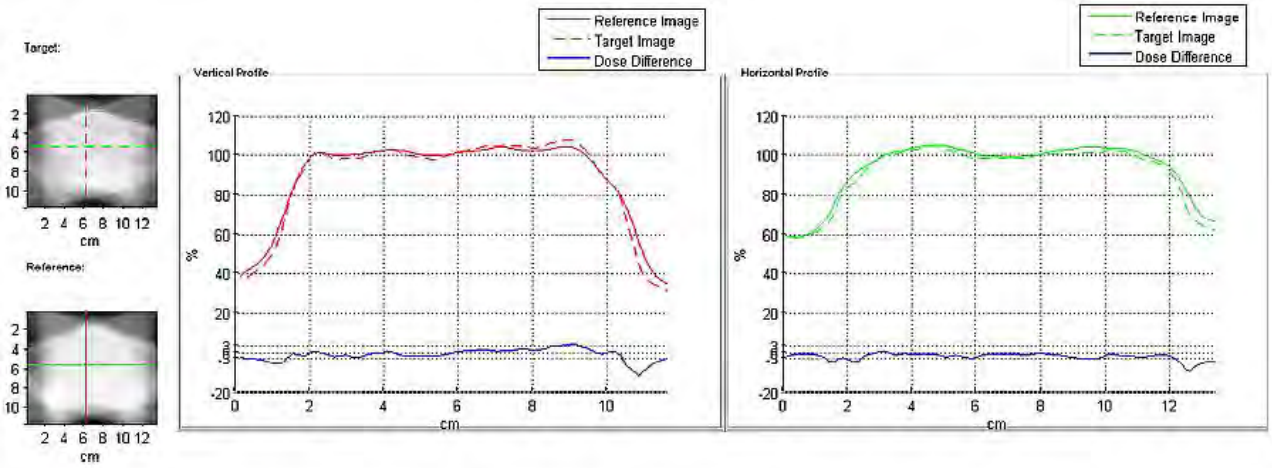
Figura 5.33: Histograma y diagrama paso /fallo del índice gamma con la técnica dinámica para el plano 1.6



El análisis gamma con criterios de aceptación de $\pm 3\,\%$ de diferencia de dosis y 3mm para el DTA, muestra que un 89.2 % del total de los puntos considerados (6715 píxeles) presentan un $\gamma < 1$.

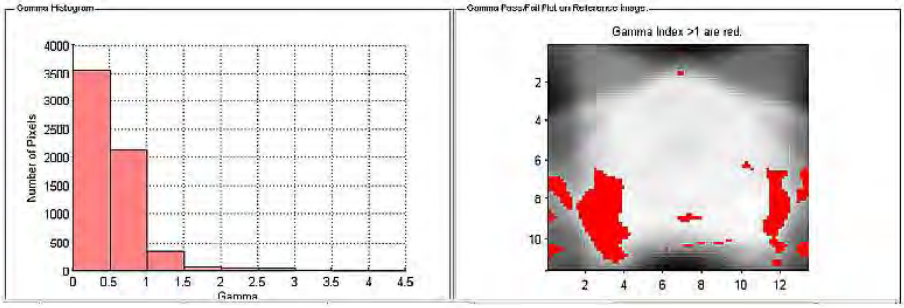
La diferencia de las distribuciones de dosis con la técnica estática con 10 niveles de intensidad (SS 10) para el plano 1.6 se muestra en la figura 5.34. Donde se puede apreciar que la mayoría de los puntos cumplen con el criterio de aceptación de $\pm 3\,\%$ para la diferencia de dosis.

Figura 5.34: Diferencia de dosis con la técnica estática con 10 niveles de intensidad en el plano 1.6 para el plan 1



En la figura 5.35 podemos apreciar el diagrama de paso/fallo del índice gamma y el histograma correspondiente que indica el número de píxeles dentro de la distribución que no cumplen los criterios de aceptación (621 píxeles). En el diagrama de paso/fallo se pueden observar las zonas donde se presenta un índice gamma $\gamma > 1$ las cuales corresponden a las zonas en rojo.

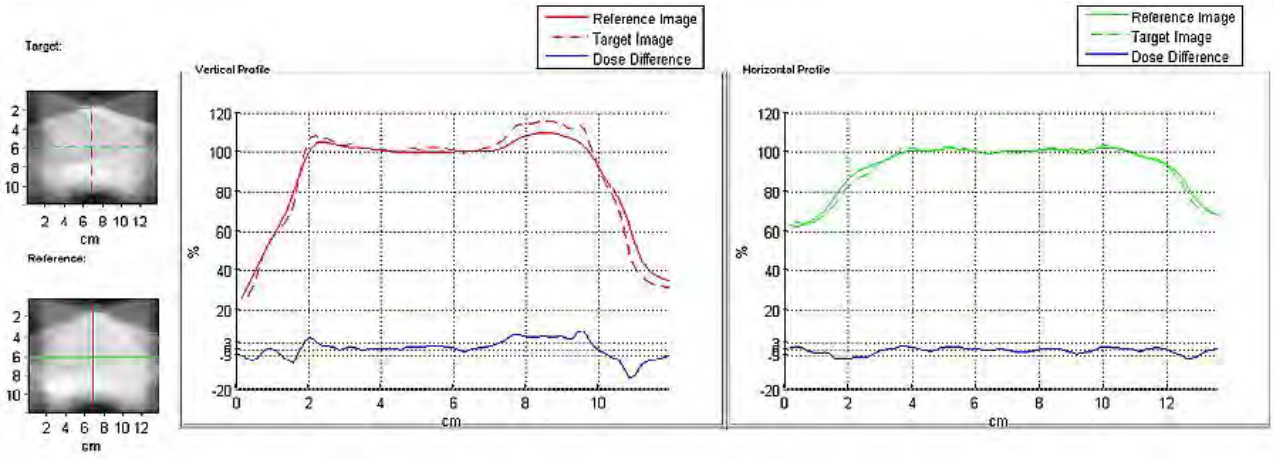
Figura 5.35: Histograma y diagrama de paso /fallo del índice gamma con la técnica estática con 10 niveles de intensidad para el plano 1.6



Se realizó un análisis gamma con criterios de aceptación de $\pm 3\,\%$ de diferencia de dosis y 3mm para el DTA, mostrando que un $90.13\,\%$ del total de los puntos considerados (6290 píxeles) presentan un $\gamma < 1$.

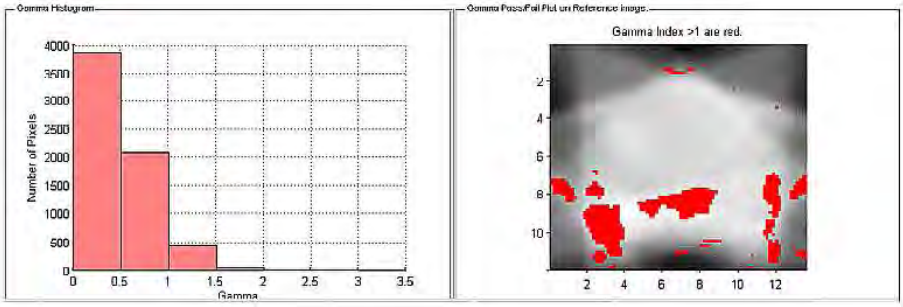
En la figura 5.36, se puede apreciar la prueba de diferencia de dosis para el plano 1.6 con la técnica estática con 5 niveles de intensidad (SS 5). Además se puede observar que la mayoría de los puntos considerados están dentro del criterio de aceptación.

Figura 5.36: Diferencia de dosis con la técnica estática con 5 niveles de intensidad en el plano 1.6 para el plan 1



El análisis gamma mostró que un 91 % del total de puntos (6536 píxeles) considerados presentan un $\gamma < 1$ y por lo tanto cumplen con el criterio de aceptación. En la figura 5.37 se muestra el diagrama de paso/fallo del índice gamma y el histograma correspondiente. En el diagrama de paso/fallo se pueden observar las zonas donde se presenta un índice gamma $\gamma > 1$ las cuales corresponden a las zonas en rojo (588 píxeles).

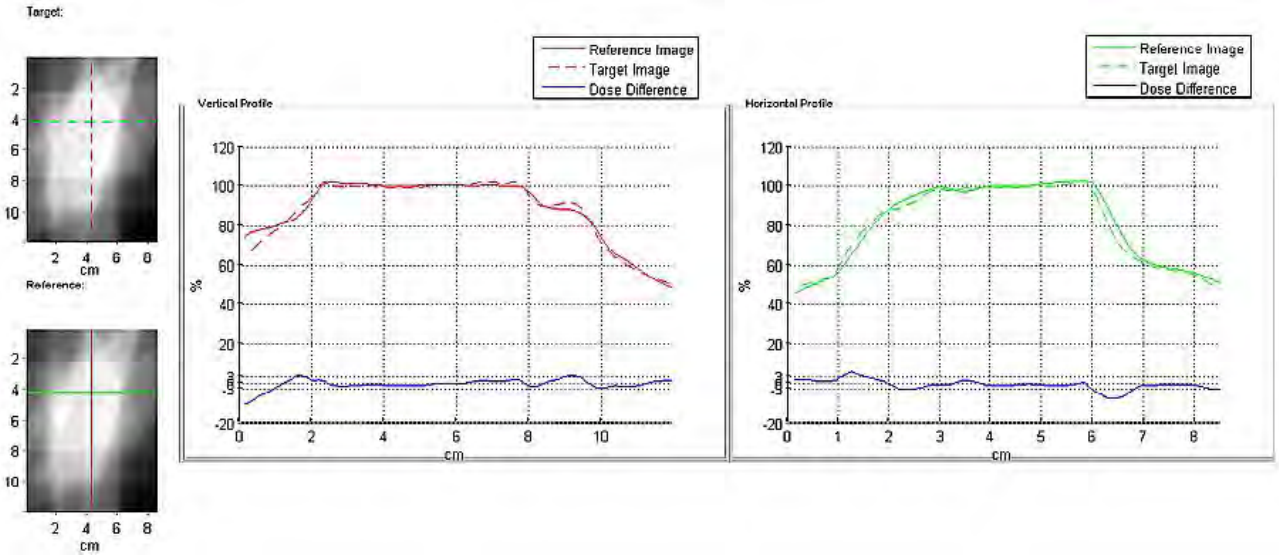
Figura 5.37: Histograma y diagrama de paso /fallo con la técnica estática con 5 niveles de intensidad para el plano 1.6



5.6.2. Plan 2

El resultado de la comparación de la distribuciones de dosis para la técnica dínamica (SW) para el plano 1.6, se puede apreciar en la figura 5.38 donde se observan tanto la distribución de dosis medida (Target) como la distribución de dosis calculada (Reference). La línea roja corresponde al perfil vertical y la línea verde al perfil horizontal. La línea azul representa la diferencia de dosis.

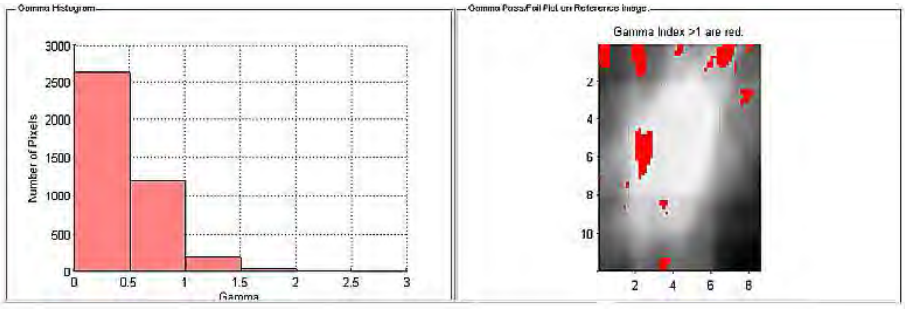
Figura 5.38: Diferencia de dosis con la técnica dinámica en el plano 1.6 para el plan 2



En la figura 5.38podemos observar que la mayoría de los puntos considerados cumplen el criterio de aceptación establecido (±3 %) para la diferencia de dosis.

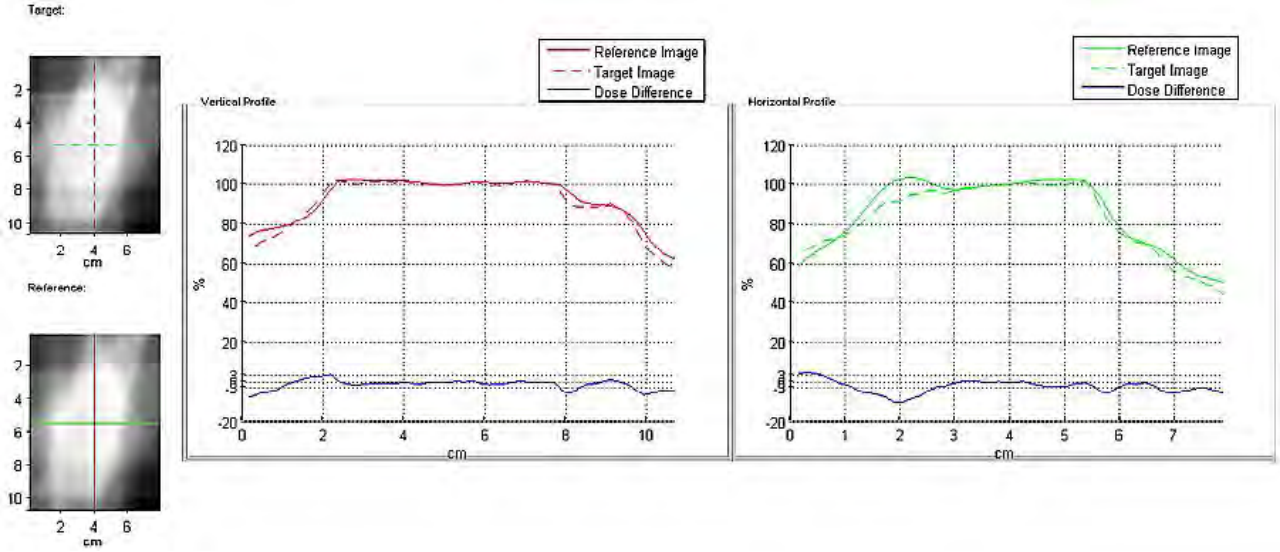
Usando el software RIT 113 se realizó un análisis gamma con una tolerancia de ±3 % para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA, observandose que un 93.52 % del total de puntos considerados presentan un $\gamma < 1$. En la figura 5.39 podemos apreciar en rojo los puntos que están por fuera de la tolerancia, además se muestra el histograma del índice gamma.

Figura 5.39: Histograma y diagrama de paso/fallo para el índice gamma con la técnica dinámica para el plano 1.6



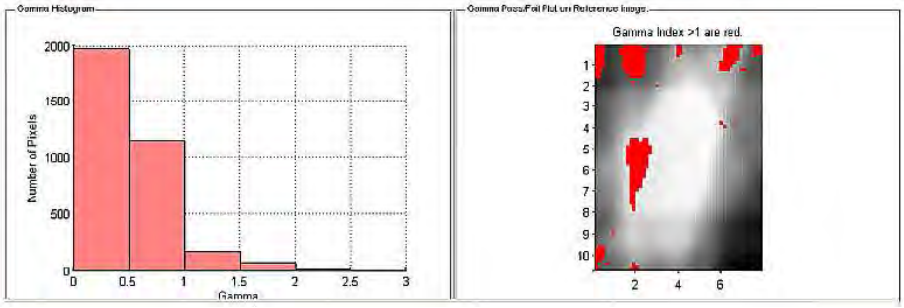
La prueba de diferencia de dosis para el plano -1.6 con la técnica estática con 10 niveles de intensidad (SS 10), se puede apreciar en la figura 5.40. Donde se puede ver que la mayoría de los puntos considerados en la distribución están dentro del criterio de aceptación establecido.

Figura 5.40: Diferencia de dosis con la técnica estática con 10 niveles de intensidad para el plano 1.6



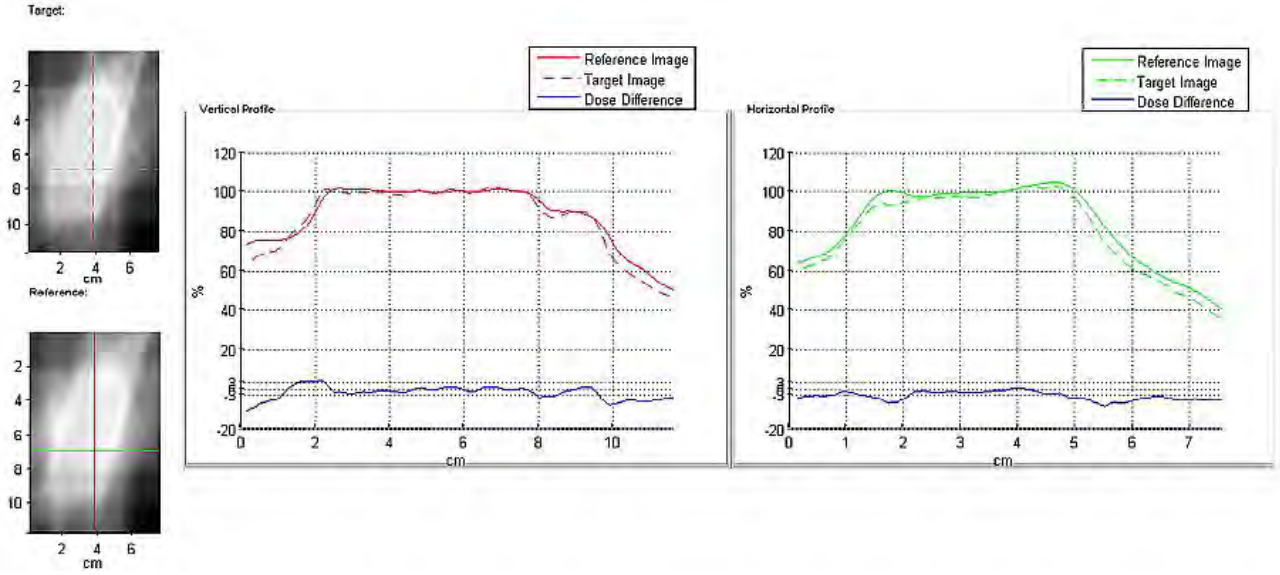
Se realizó un análisis gamma con una tolerancia de ±3 % para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA, observandose que un 91.71 % del total de los puntos considerados presentan un $\gamma < 1$. En la figura 5.41 podemos apreciar en rojo los puntos que están por fuera del criterio de aceptación, además se muestra el histograma del índice gamma.

Figura 5.41: Histograma y diagrama de paso/fallo para el índice gamma con la técnica estática con 10 niveles de intensidad para el plano 1.6



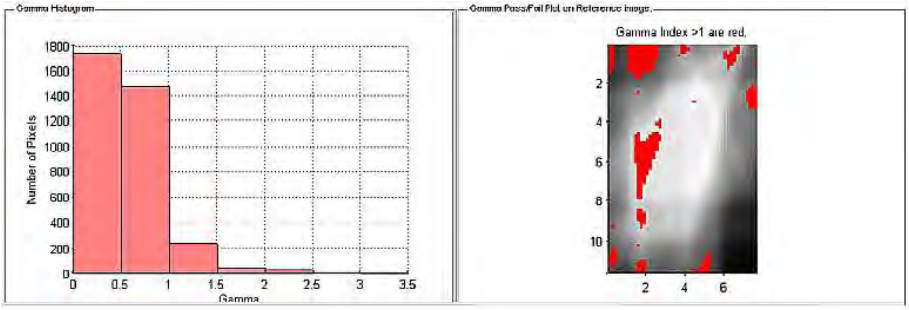
La prueba de diferencia de dosis para el plano 1.6 con la técnica estática con 5 niveles de intensidad (SS 5), se muestra en la figura 5.42. Donde se observa que la mayoría de los puntos están en acuerdo con el criterio de aceptación definido para la diferencia de dosis, el cual es ±3 %.

Figura 5.42: Diferencia de dosis con la técnica estática con 5 niveles de intensidad para el plano 1.6



Con el software RIT 113 se realizó un análisis gamma con una tolerancia de $\pm 3\,\%$ para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA, observandose que un $90.15\,\%$ del total de los puntos considerados presentan un $\gamma < 1$. En la figura 5.43 se puede apreciar en rojo los puntos que están por fuera de la tolerancia, además se muestra el histograma del índice gamma, el cual indica en número de píxeles vs el valor para el índice gamma.

Figura 5.43: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma con la técnica estática con 5 niveles de intensidad para el plano 1.6



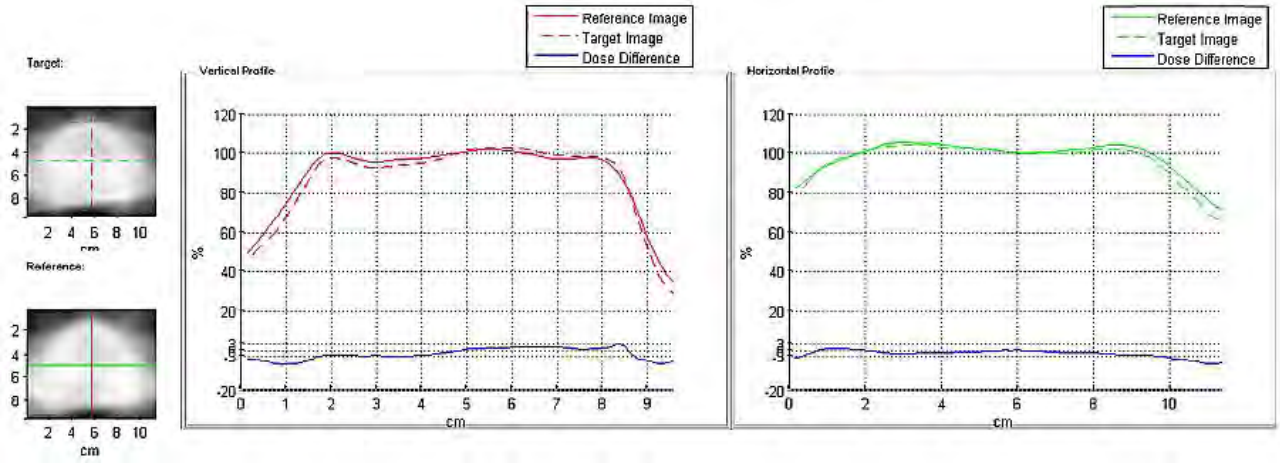
Se observa de la figura 5.43 que la mayoría de los píxeles dentro de la distribución presentan un índice gamma $\gamma < 1$.

5.6.3. Plan 3

El resultado de la comparación de la distribuciones de dosis para la técnica dínamica para el plano 1.6, se puede apreciar en la figura 5.44 donde se muestran las distribuciones medidas (Target) y las calculadas (Reference) por el sistema de planeación Eclipse. En la figura la línea roja y la línea verde corresponden a los perfiles vertical y horizontal respectivamente. La línea azul representa la diferencia

de dosis.

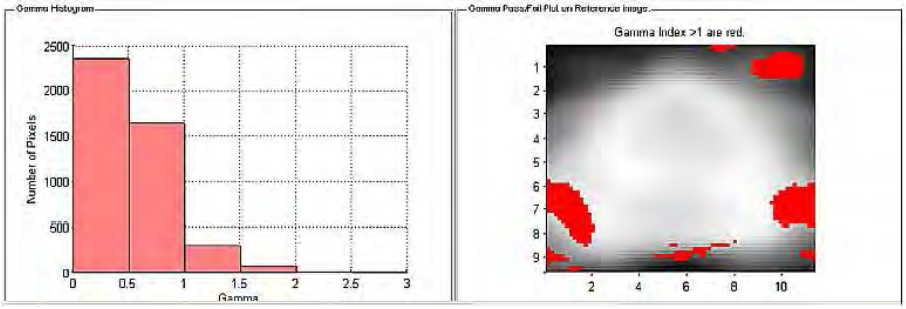
Figura 5.44: Diferencia de dosis con la técnica dinámica en el plano 1.6 para el plan 3



Se observa de la figura 5.44 que la mayoría de los puntos considerados están dentro del criterio de tolerancia definido para esta prueba.

En la figura 5.45 podemos apreciar el diagrama de paso/fallo del índice gamma y el histograma correspondiente indicando el número de píxeles dentro de la distribución que no cumplen los criterios de aceptación (413 píxeles). En el diagrama de paso/fallo se pueden observar las zonas donde se presenta un índice gamma $\gamma > 1$ las cuales corresponden a las zonas en rojo.

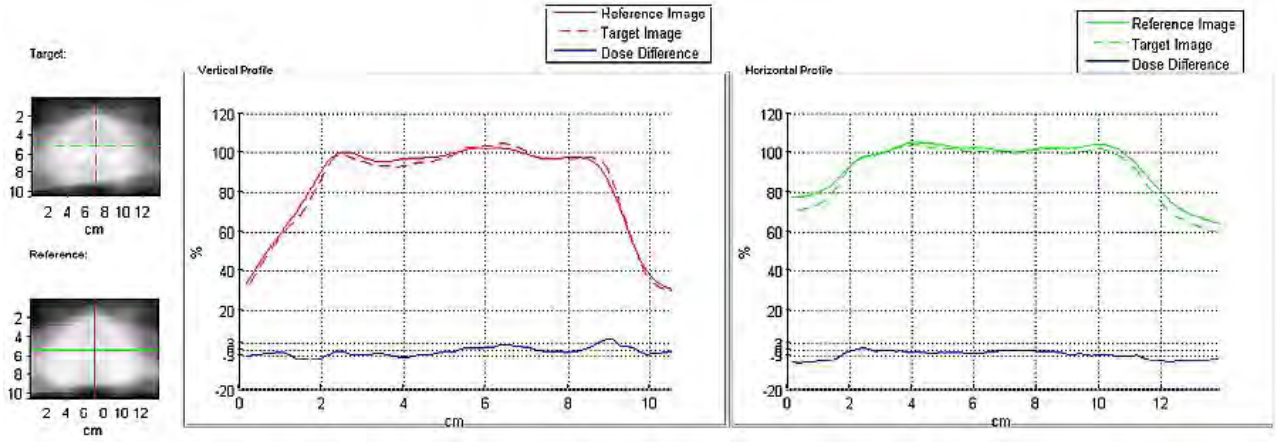
Figura 5.45: Histograma y diagrama de paso/fallo para el índice gamma con la técnica dinámica para el plano 1.6



El análisis gamma realizado con criterios de aceptación de $\pm 3\,\%$ para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA, muestra que el 90.6 % del total de los puntos considerados (4392 píxeles) presentan un $\gamma < 1$.

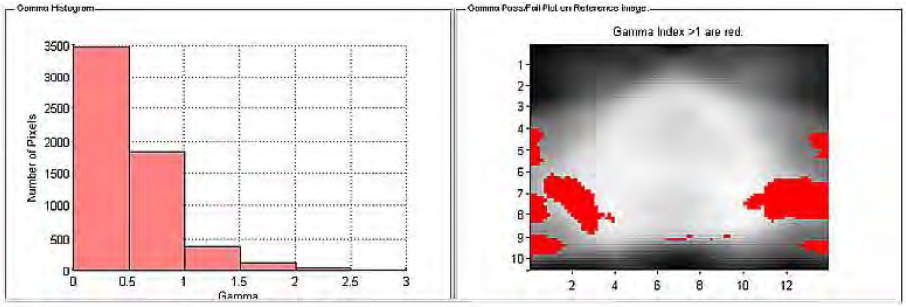
La prueba de diferencia de dosis para el plano 1.6 con la técnica estática con 10 niveles de intensidad (SS 10), se puede ver en la figura 5.46. Donde se aprecia que un gran porcentaje de los puntos considerados están dentro del criterio de aceptación establecido para la diferencia de dosis, el cual es $\pm 3\,\%$.

Figura 5.46: Diferencia de dosis con la técnica estática con 10 niveles de intensidad para el plano 1.6



En la figura 5.47 se muestra el diagrama de paso/fallo del índice gamma y el histograma correspondiente indicando el número de píxeles dentro de la distribución que no cumplen los criterios de aceptación (603 píxeles). En el diagrama de paso/fallo se pueden observar las zonas donde se presenta un índice gamma $\gamma > 1$ las cuales corresponden a las zonas en rojo.

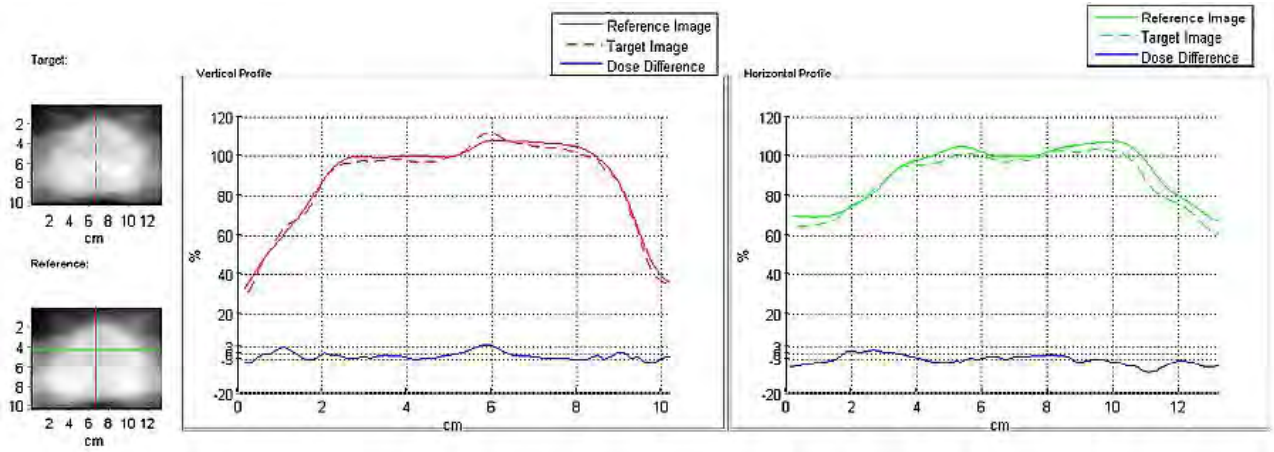
Figura 5.47: Histograma y diagrama de paso/fallo para el índice gamma con la técnica estática con 10 niveles de intensidad para el plano 1.6



El análisis gamma realizado con el software RIT 113 mostró que un 89.77 % del total de los puntos considerados (5896 píxeles) presentan un $\gamma < 1$. Usando como criterios de aceptación de $\pm 3\,\%$ para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA.

La prueba de diferencia de dosis para el plano 1.6 con la técnica estática con 5 niveles de intensidad (SS 5), se puede ver en la figura 5.48.

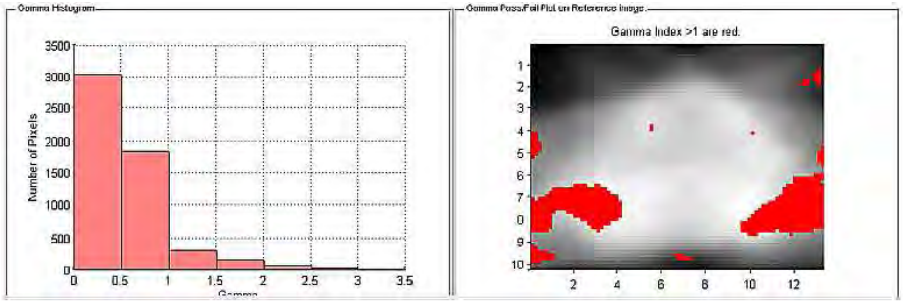
Figura 5.48: Diferencia de dosis con la técnica estática con 5 niveles de intensidad en el plano 1.6 para el plan 3



En la figura anterior se puede observar que un gran porcentaje de los puntos considerados en la distribución cumplen el criterio de aceptación (±3 %).

Con el software RIT 113 se realizó un análisis gamma con una tolerancia de ±3 % para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA, observandose que un 89.07 % del total de los puntos considerados presentan un $\gamma < 1$. En la figura 5.49 se puede apreciar en rojo los puntos (píxeles) que están por fuera de la tolerancia, además se muestra el histograma del índice gamma.

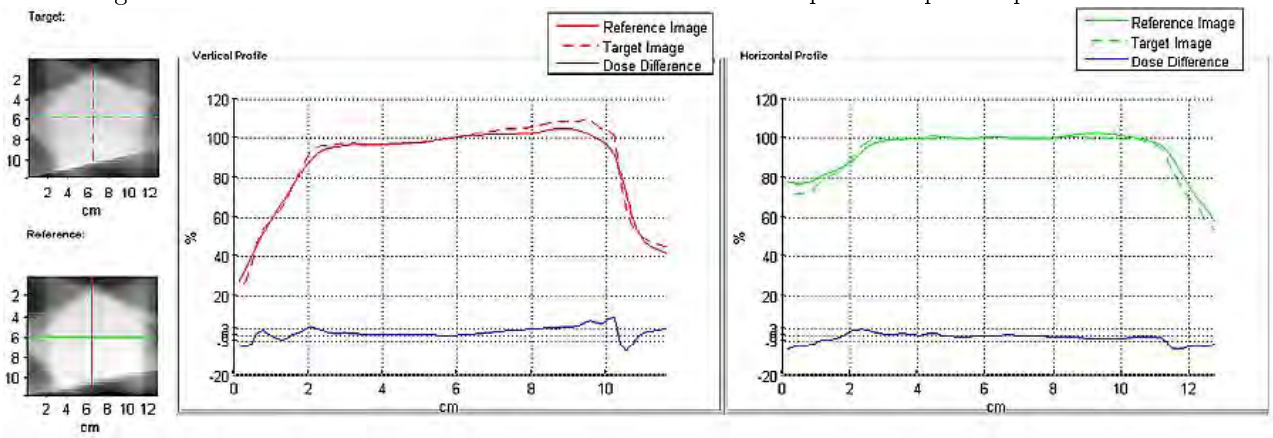
Figura 5.49: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma con la técnica estática con 5 niveles de intensidad para el plano 1.6



5.6.4. Plan 4

En la figura 5.50, se muestra la comparación de la distrubuciones de dosis para la técnica estática con 5 niveles de intensidad para el plano 1.6. En ésta figura se puede ver las distribuciones de dosis medida (Target) y calculada (Reference). La línea roja corresponde al perfil vertical y la línea verde en perfil horizontal. La línea azul representa la diferencia de dosis.

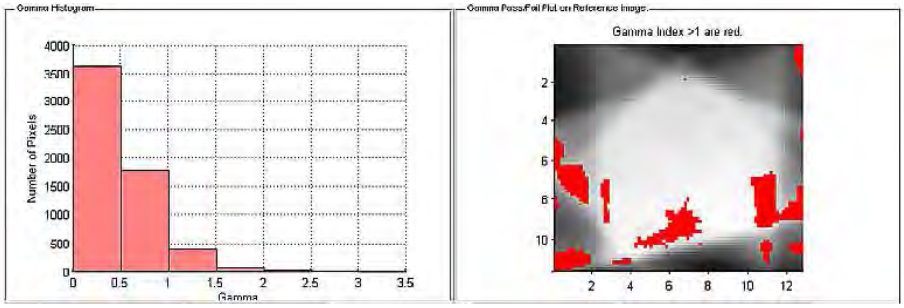
Figura 5.50: Diferencia de dosis con la técnica dinámica en el plano 1.6 para el plan 4



En la figura anterior se observa que la mayoría de los puntos considerados en la distribución, se encuentran dentro del criterio de aceptación establecido.

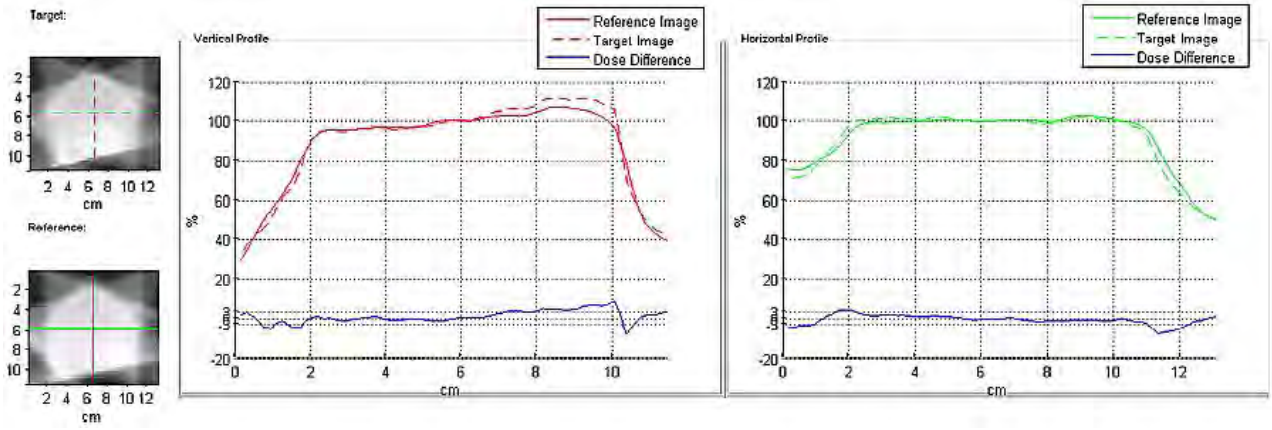
Con el software RIT 113 se realizó un análisis gamma con una tolerancia de $\pm 3\,\%$ para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA, observandose que un $90.17\,\%$ del total de los puntos considerados presentan un $\gamma < 1$. En la figura 5.51 se muestra el histograma del índice gamma y en el diagrama de paso/fallo se pueden ver en rojo los puntos (píxeles) que están por fuera de la tolerancia.

Figura 5.51: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma para la técnica dinámica para el plano 1.6



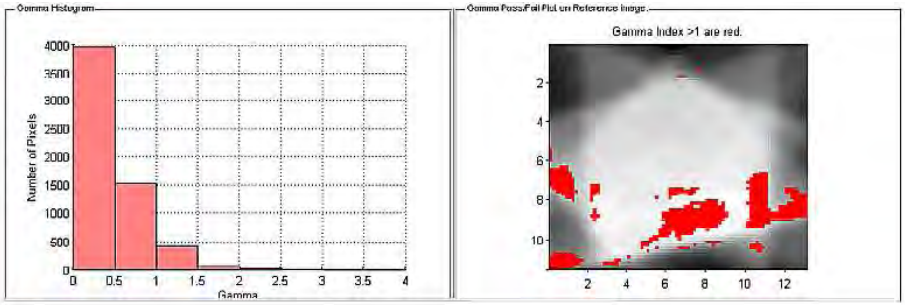
En la figura 5.52 se puede observar la prueba de diferencia de dosis para el plano 1.6 con la técnica estática con 10 niveles de intensidad (SS 10). En la figura se puede apreciar que la mayoría de los puntos considerados en la distribución están cumpliendo el criterio de aceptación ($\pm 3\,\%$).

Figura 5.52: Diferencia de dosis con la técnica estática con 10 niveles de intensidad en el plano 1.6 para el plan 4



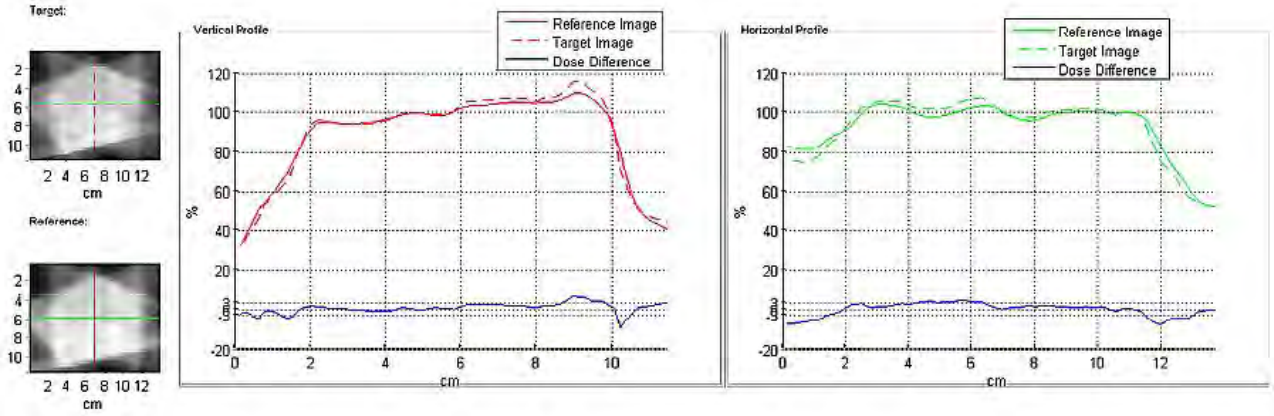
Se realizó un análisis gamma con una tolerancia de ±3 % para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA, observandose que un 90.34 % del total de los puntos considerados presentan un $\gamma < 1$. En la figura 5.53, se muestra en rojo los puntos (píxeles) que están por fuera de la tolerancia, además se muestra el histograma del índice gamma.

Figura 5.53: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma con la técnica est´´atica con 10 niveles de intensidad para el plano 1.6



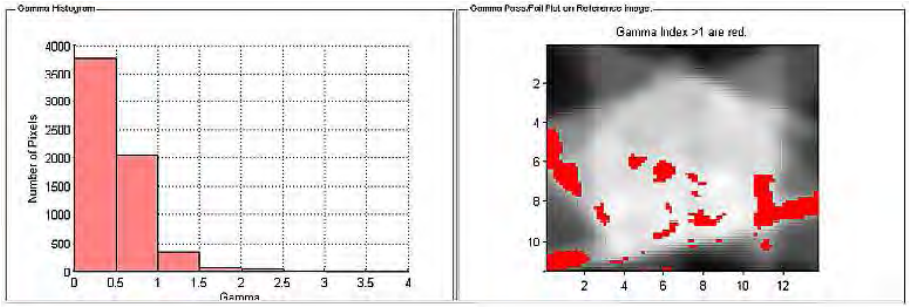
La prueba de diferencia de dosis para el plano 1.6 con la técnica estática con 5 niveles de intensidad (SS 5) se muestra en la figura 5.54. Donde se puede ver que un gran porcentaje de los puntos considerados, se encuentran en acuerdo con el criterio de aceptación para la diferencia de dosis.

Figura 5.54: Diferencia de dosis con la técnica estática con 5 niveles de intensidad en el plano 1.6 para el plan 4



Se realizó con el software RIT 113 un análisis gamma con una tolerancia de ±3 % para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA, observandose que un 91.34 % del total de los puntos considerados presentan un $\gamma < 1$.

Figura 5.55: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma con la técnica estática con 5 niveles de intensidad par el plano 1.6

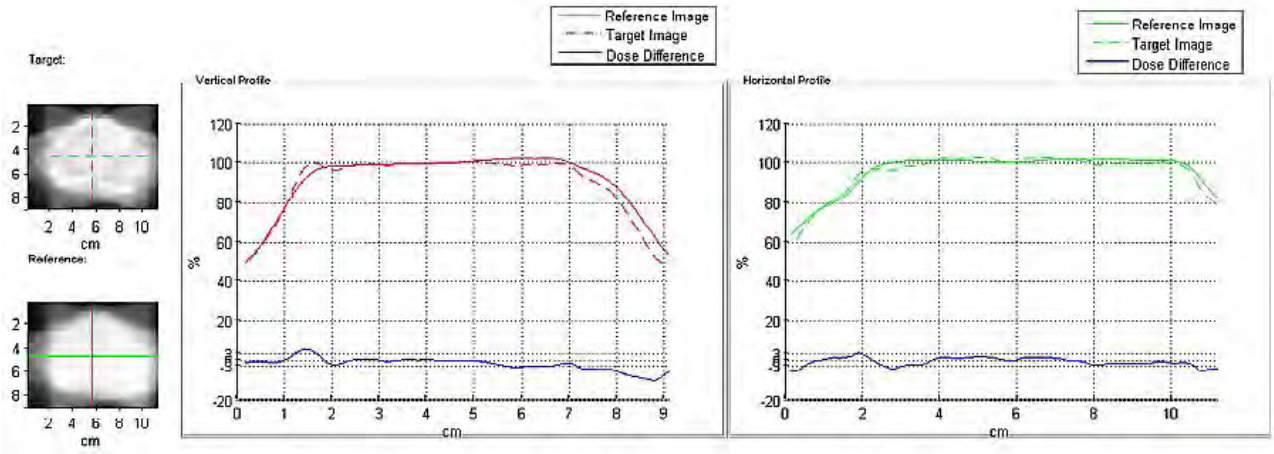


En la figura 5.55 se muestra en rojo los puntos que están por fuera de la tolerancia, además se muestra el histograma del índice gamma, donde se indica el número de píxeles vs el índice gamma.

5.6.5. Plan 5

La comparación de la distribución de dosis para la técnica dinámica (SW) para el plano 1.6, se puede apreciar en la figura 5.56. Donde también se pueden observar las distribuciones de dosis medida (Target) y calculada (Reference). La línea roja y la línea verde corresponden al perfil vertical y horizonatal respectivamente. La línea azul representa la diferencia de dosis.

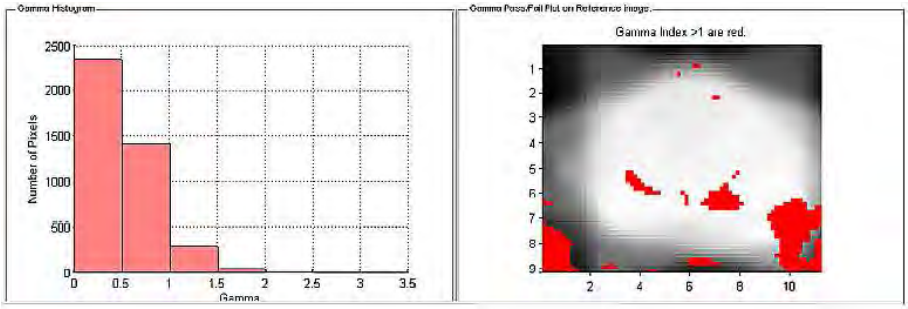
Figura 5.56: Diferencia de dosis con la técnica dinámica en el plano 1.6 para el plan 5



Se aprecia en la figura 5.56 que la mayoría de los punto considerados cumplen el criterio de aceptación establecido para la diferencia de dosis.

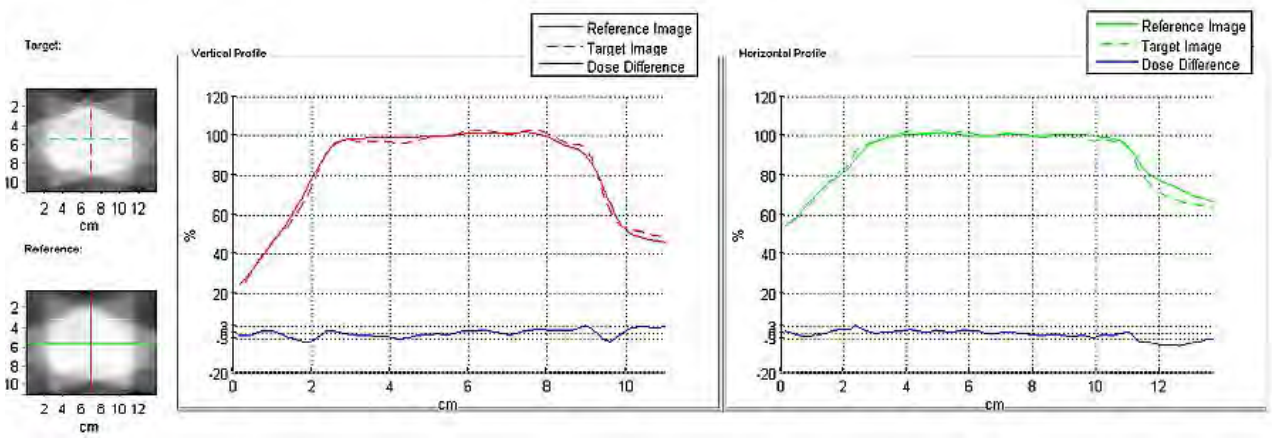
Con el software RIT 113 se realizó un análisis gamma con una tolerancia de ±3 % de diferencia de dosis y 3mm para el DTA, observandose que un 91.06 % de los puntos considerados presentan un $\gamma < 1$. En la figura 5.57, se puede ver el histograma del índice gamma y también podemos apreciar en el diagrama de paso/fallo los puntos que están por fuera de los criterios de aceptación (zonas en rojo).

Figura 5.57: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma con la técnica dinámica para el plano 1.6



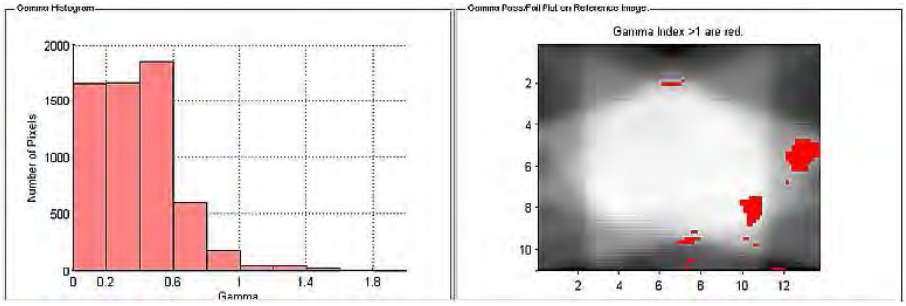
La prueba de diferencia de dosis con la técnica estática con 10 niveles de intensidad para el plano 1.6 (SS 10) se muestra en la figura 5.58. Donde se puede apreciar la correspondencia entre las distribuciones medidas y las calculadas para la gran mayoría de los puntos considerados.

Figura 5.58: Diferencia de dosis con la técnica estática con 10 niveles de intensidad para el plano 1.6



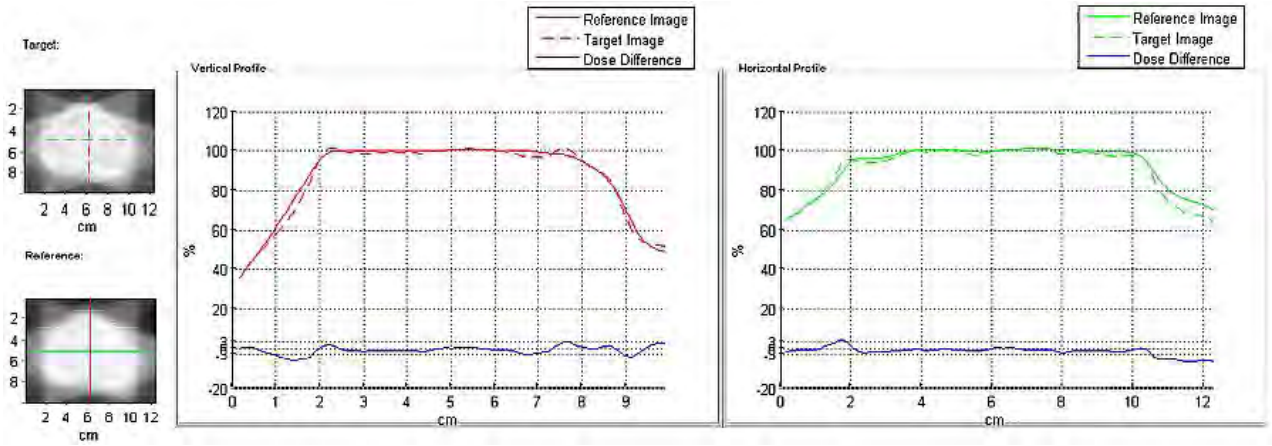
El análisis gamma realizado con el software RIT 113, arrojó como resultado que el 97.44 % de los puntos considerados presentan un valor del índice gamma $\gamma < 1$. Los puntos que no cumplen con el criterio de aceptación se observan en el diagrama de paso/fallo (zonas en rojo). El cual se muestra en la figura 5.59.

Figura 5.59: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma con la técnica estática con 10 niveles de intensidad para el plano 1.6



En la figura 5.60 podemos apreciar la prueba de diferencia de dosis para la técnica estática con 5 niveles de intensidad (SS 5) para el plano 1.6.

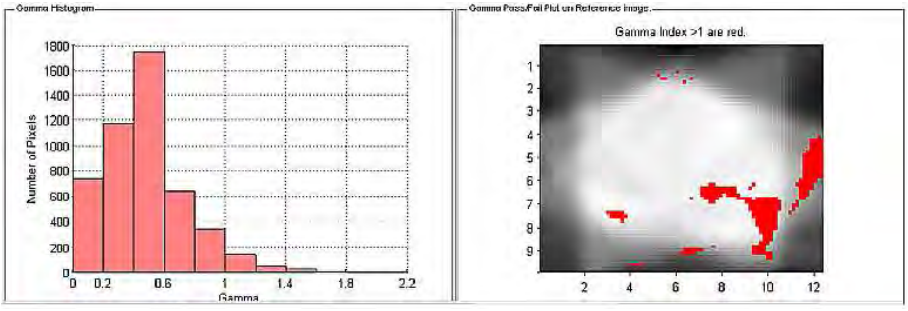
Figura 5.60: Diferencia de dosis con la técnica estática con 5 niveles de intensidad en el plano 1.6 para el plan 5



En la figura anterior se puede observar que la mayoría de los puntos considerados están dentro del criterio de aceptación considerado (±3 %) para la diferencia de dosis.

El análisis gamma realizado en el software RIT 113, arrojando un valor de 94.75 % de los puntos considerados presentan un valor de índice gamma $\gamma < 1$. Los puntos que no cumplen con el criterio de aceptación se observan en el diagrama de paso/fallo como puntos o zonas en rojo. Éste diagrama se muestra en la figura 5.61 junto con el histograma del índice gamma.

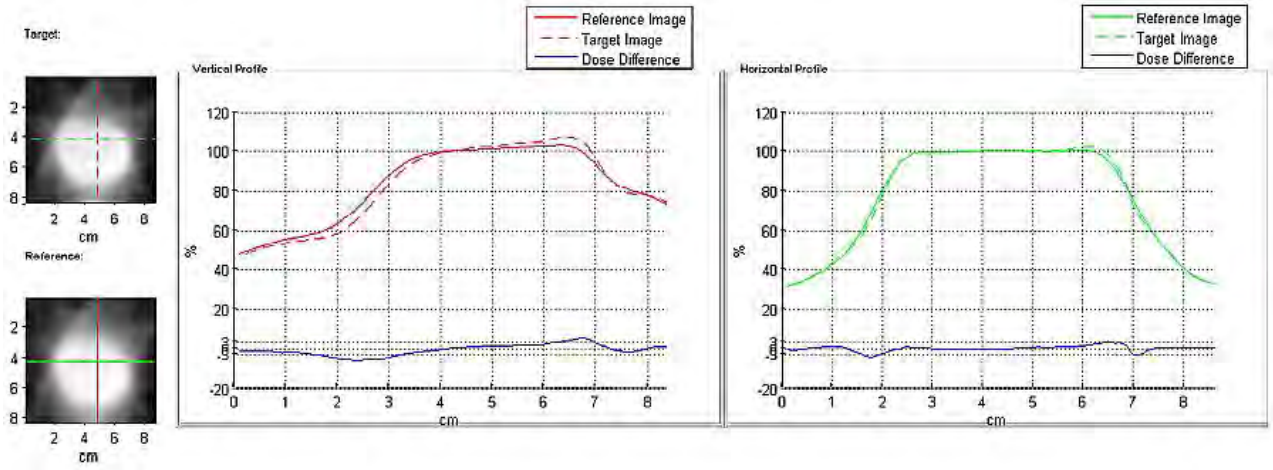
Figura 5.61: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma con la técnica estática con 5 niveles de intensidad para el plano 1.6



5.6.6. Plan 6

En la figura 5.62, se muestra la comparación de las distrubuciones de dosis para la técnica dinámica para el plano 1.6. Además se pueden apreciar las distribuciones de dosis medida (Target) y calculada (Reference). La línea roja corresponde al perfil vertical y la línea verde al perfil horizontal. La línea azul representa la diferencia de dosis.

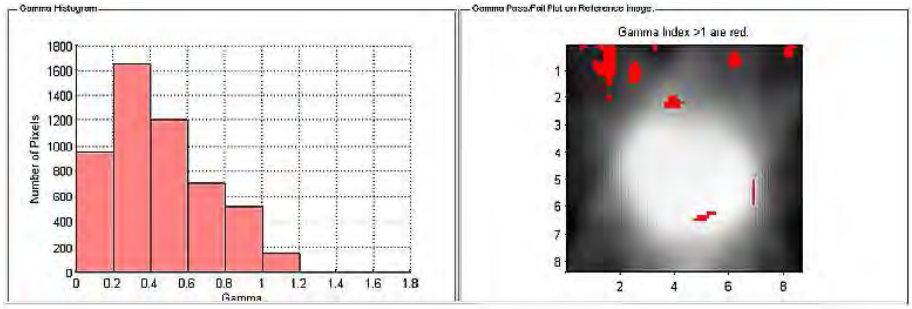
Figura 5.62: Diferencia de dosis con la técnica dinámica en el plano 1.6 para el plan 6



De la figura anterior se aprecia que la mayoría de los puntos en la distribución están dentro del criterio de aceptación establecido para la diferencia de dosis (±3 %)

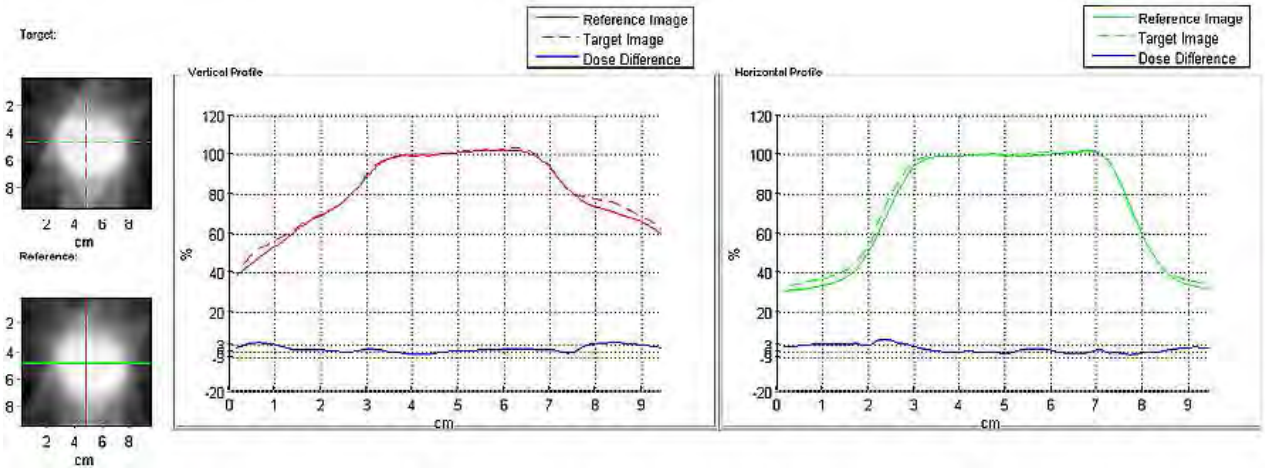
Se realizó en el software RIT 113 un análisis gamma con una tolerancia de ±3 % para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA, dando un valor de 96.91 % del total de los puntos considerados presentan un valor de índice gamma $\gamma < 1$. Los puntos que no cumplen con el criterio de aceptación se observan en el diagrama de paso/fallo como zonas en rojo. Esté se puede ver en la figura 5.63 donde además se muestra el histograma del índice gamma.

Figura 5.63: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma con la técnica dinámica para el plano 1.6



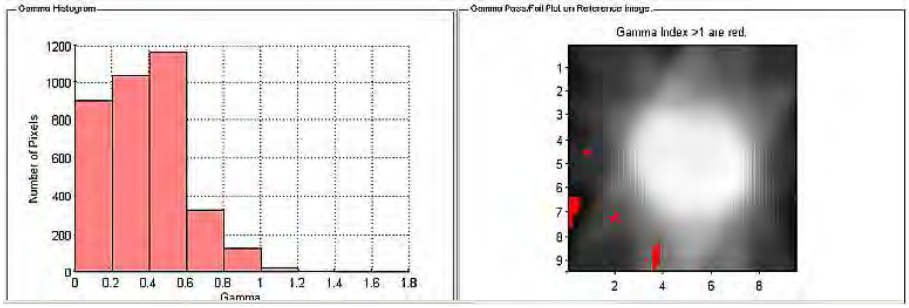
En la figura 5.64 podemos apreciar la prueba de diferencia de dosis para el plano 1.6 usando la técnica estática con 10 niveles de intensidad (SS 10). Además se puede ver que un gran porcentaje de los puntos considerados en la distribución cumplen con el criterio de aceptación definido para la diferencia de dosis.

Figura 5.64: Diferencia de dosis con la técnica estática con 10 niveles de intensidad en el plano 1.6 para el plan 6



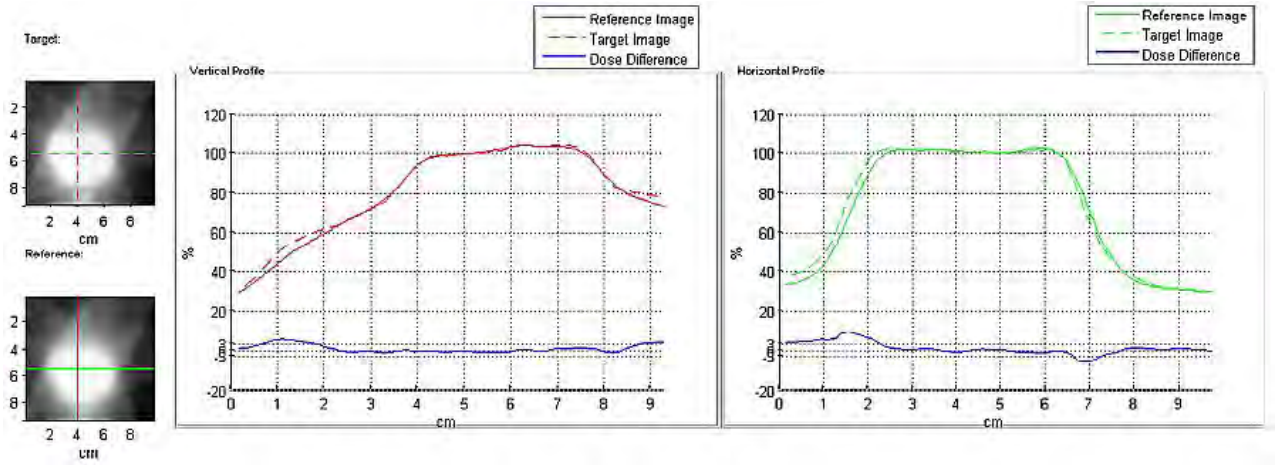
Con el software RIT 113 se realizó un análisis gamma con una tolerancia de ±3 % para la diferencia de dosis y 3mm para el DTA. Resultando un valor de 98.92 % del total de los puntos considerados presentan un valor de índice gamma $\gamma < 1$. Los puntos que no cumplen con el criterio de aceptación se observan en el diagrama de paso/fallo como zonas en rojo.

Figura 5.65: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma con la técnica estática con 10 niveles de intensidad en el plano 1.6 para el plan 6



La prueba de diferencia de dosis para la técnica estática con 5 niveles de intensidad para el plano 1.6 (SS 5), se muestra en la figura 5.66.

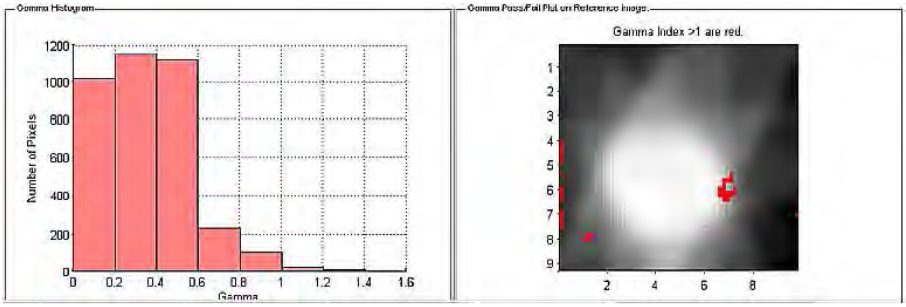
Figura 5.66: Diferencia de dosis con la técnica estática con 5 niveles de intensidad en el plano 1.6 para el plan 6



De la figura anterior se observa que la mayoría de los puntos considerados en la distribución, se encuentran en acuerdo con el criterio de aceptación.

El análisis gamma realizado usando el software RIT 113, dio como resultado un valor de 98.88 % del total de los puntos considerados presentan un valor de índice gamma $\gamma < 1$. Los puntos que no cumplen con el criterio de aceptación se observan como puntos o zonas en rojo en el diagrama de paso/fallo. Éste se muestra en la figura 5.67 junto con el histograma para el índice gamma.

Figura 5.67: Histograma y diagrama de paso/fallo del índice gamma con la técnica estática con 5 niveles de intensidad en el plano 1.6 para el plan 6



En resumen, como se registra en los resultados de los planes estudiados correspondientes al plano 1.6 presentados en ésta sección y a los planos 0.0 (ver anexo1) y -1.6 (ver anexo 2) podemos afirmar que la mayoría de los puntos considerados en cada una de las distribuciones de dosis, cumplen los criterios de aceptación siendo éstos, mayores a un 89 %.

Capítulo 6

CONCLUSIONES

El presente trabajo fué realizado usando el acelerador Clinac iX, equipado con un colimador multihojas millenium de 120 láminas y el sistema de planeación dosimétrico Eclipse. Las conclusiones mencionadas a continuación corresponden a ésta configuración:

- A partir de las pruebas dosimétricas realizadas, se puede decir que los resultados de la dosimetría absoluta sólo muestran una variación del 2.3 % respecto al valor de calibración. Este no supera el límite recomendado por la casa fabricante del 3 % en la estabilidad del equipo de tratamiento Clinac iX, garantizando así la estabilidad requerida para éste estudio.

- La curva de densidad óptica en función de la dosis de la película EDR2, presenta una respuesta líneal en el rango de dosis comprendido entre los 25 cGy a 450 cGy. Lo cual es una ventaja, ya que las dosis por fracción en los campos de IMRT para los planes de tratamiento estudiados están en el rango de 180 a 200 cGy. Por lo tanto se pudieron exponer las películas a fracciones completas en los planes de verificación, sin necesidad de realizar un reajuste a las unidades monitor.

- Los resultados de la medida de la dosis absoluta en un punto con un sistema independiente (cámara de ionización) para la casi totalidad de los analizados, muestran que la diferencia entre los valores medidos y los calculados no superan el $\pm 3\,\%$; lo cual está de acuerdo a los criterios de aceptación establecidos para la diferencia de dosis.

- Los resultados en la comparación de las distribuciones de dosis, evidencian que en los planes de tratamiento y en los planos de estudio considerados (-1.6, 0.0 y 1.6), el número de pixeles que se encuentran dentro del criterio de aceptación ($\gamma < 1$), está por encima del 90 % en la mayoría de los casos. Indicando en primer lugar que los datos de la planeación, se transmiten con éxito del sistema de planeación al equipo de tratamiento; así como el correcto modelado del controlador del MLC para reproducir a partir del mismo un mapa de fluencia óptimo ambos modos de entrega de la dosis. Las razones por las cuales se generaron pocas discrepancias en los resultados, fue básicamente debido al proceso de revelado químico de las películas y a la posible sobre estimación en la respuesta de las éstas.

- Los resultados para los índices de conformación de los diferentes planes de tratamiento, concluyen que la técnica dinámica (SW) ofrece un mejor cubrimiento del volumen blanco con respecto a

la técnica estática con 5 niveles de intensidad para las dosis prescritas en el PTV1 (54Gy - 56Gy) y el PTV11 (18Gy - 22Gy) para próstata y en el PTV1 (54Gy- 66Gy) para cabeza y cuello; mientras que la técnica dinámica con respecto a la técnica estática con 10 niveles de intensidad, presenta un cubrimiento del volumen blanco (PTV) similares. En cuanto a los índices de homogeneidad, los resultados evidencian una similitud en la distribución de la dosis del volumen blanco para las técnicas dinámica y estática con 10 niveles de intensidad.

- Para los órganos a riesgo, se observó que la dosis promedio para la técnica dinámica es ligeramente mayor que para la técnica estática con 10 niveles de intensidad. Al comparar la técnica dinámica con la técnica estática con 5 niveles de intensidad, se evidencia una reducción en la dosis promedio a los órganos a riesgo con ésta última. Igual comportamiento se obtuvo en la dosis entregada a $1/3$ y $2/3$ del volumen de los órganos a riesgo considerados para todos los planes de tratamiento. Evidenciándose que la técnica de entrega que más favorece en cuanto a la protección de órganos a riesgo, es la técnica estática con 5 niveles de intensidad.