

00362  
15



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS  
INSTITUTO DE FÍSICA**

**DOSIMETRIA PARA UN TRATAMIENTO DE CANCER  
CERVICO UTERINO QUE COMBINA BRAQUITERAPIA  
DE BAJA TASA DE DOSIS Y TELETERAPIA CON  
RAYOS X**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
**MAESTRO EN CIENCIAS (FISICA MEDICA)**

PRESENTA:

**MIGUEL RODRIGUEZ PONCE**

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MERCEDES RODRIGUEZ VILLAFUERTE

COMITE TUTORAL:

DRA. MERCEDES RODRIGUEZ VILLAFUERTE

DRA. MARIA ISABEL GAMBOA DE BUEN

DR. RODOLFO DIAZ PERCHES



posgrado en ciencias físicas  
unam

MEXICO, D. F.



posgrado en ciencias físicas  
unam

2003

1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

... a la Dirección General de Bibliotecas •  
... INAM a difundir en formato electrónico e imp.  
... contenido de mi trabajo respectivo.  
NOMBRE: Miguel Rodríguez  
Ponce  
FECHA: 13/mayo/2003  
FIRMA: [Firma]

***Con mucho cariño a mis padres, a mis hermanos y mis abuelos.***

***A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Instituto de Física, que han sido mi segunda casa y me han formado en lo académico y en lo humano.***

***Al grupo de dosimetría de la radiación, por todo el apoyo y amistad que me brindaron durante todo este tiempo.***

***A mis amigos de la licenciatura y la maestría, con quienes compartí momentos muy gratos.***

## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Dra. Mercedes Rodríguez Villafuerte, por su tiempo, su paciencia y por haber dirigido tan atinadamente este trabajo, así como al Dr. Arnulfo Martínez Dávalos, por haber desarrollado los programas para el análisis de las películas y por todo el apoyo otorgado.

Agradezco también a los miembros del comité sinodal (Dra. María Ester Brandan. M. en C. Patricia Avilés, Dr. Jorge Rickards y al Dr. Rodolfo Díaz Perches) por sus valiosos comentarios y sugerencias a este trabajo.

Al Dr. Ernesto Gómez González y al personal del departamento de Física del Instituto Nacional de Cancerología: Fís. Miguel Ángel Pérez Pastenes, Ing. Fís. Ricardo Sánchez Castro, Fís. Gabriel Resendiz, Ing. Mauro Milacatl e Ing. Gabriel Ramírez por toda la ayuda y las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo, y por sus valiosos comentarios y sugerencias.

A la Dra. María Ester Brandan Siqués por sus invaluable sugerencias y comentarios, y por todo el apoyo que me ha dado desde que llegué a este grupo.

Al M. en C. César Gustavo Ruíz Trejo, por su invaluable ayuda y tiempo dedicados a este trabajo, y por su amistad.

A la M. en C. Ana Elena Buenfil Burgos, por su ayuda y amistad.

A los técnicos Ricardo Ramírez y Francisco Gallardo, por su excelente trabajo en la construcción de los maniqués.

A los miembros de mi comité tutorial: Dra. Isabel Gamboa de Buen y Dr. Rodolfo Díaz Perches, por revisar este trabajo y por sus comentarios y sugerencias.

A los físicos Jazmín Roa y Flavio Trujillo por su ayuda y amistad.

A las siguientes instituciones: DGEP, CONACYT (32226-E y 34526-E) y DGAPA (UNAM IN10399), por el apoyo económico otorgado para la realización de este trabajo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO I. Cáncer cérvico uterino</b>	
1.1 Anatomía y fisiología básica del útero .....	3
1.2 Clasificación de las etapas del cáncer cérvico uterino .....	5
1.2.1 Clasificación TNM .....	5
1.2.2 Clasificación FIGO .....	6
1.3 Opciones de tratamiento .....	8
1.3.1 Teleterapia .....	9
- Equipos de <sup>60</sup> Co .....	10
- Aceleradores lineales .....	11
1.3.2 Braquiterapia .....	13
- Fuentes de braquiterapia .....	14
- Fuentes de <sup>137</sup> Cs .....	15
<b>CAPITULO II. Tratamiento del cáncer cérvico uterino combinando braquiterapia y teleterapia</b>	
2.1 El sistema Manchester .....	17
2.2 Terapia con haz externo .....	19
2.2.1 Tratamiento por etapas clínicas .....	20
2.3 Aplicadores para braquiterapia intracavitaria .....	20
- Aplicador Fletcher-Suit-Delclos .....	23
2.4 Dosimetría en tratamientos de cáncer cérvico uterino .....	24
2.4.1 Dosímetros termoluminiscentes (DTL) .....	25
2.4.2 Películas de tinte radiocrómico .....	28
2.4.3 Cámaras de ionización .....	30
<b>CAPITULO III. Método experimental</b>	
3.1 Dosimetría .....	33
3.1.1 Cristales termoluminiscentes .....	34
3.1.2 Películas de tinte radiocrómico .....	35
3.2 Medidas de distribución de dosis alrededor de la fuente de <sup>137</sup> Cs .....	36
3.3 Medidas de distribución de dosis alrededor de la fuente dentro del aplicador (colpostato) .....	39
3.4 Distribución de dosis para el tratamiento con teleterapia (rayos X) .....	42
3.4.1 Medición de la distribución de dosis para el campo abierto .....	44
3.4.2 Medición de la distribución de dosis para el campo parametrial .....	47
3.5 Simulación Monte Carlo .....	48
<b>CAPITULO IV. Resultados</b>	
4.1 Caracterización de los dosímetros .....	49
4.1.1 Cristales termoluminiscentes .....	49

4.1.2 Películas de tinte radiocrómico .....	51
4.2 Medidas de distribución de dosis .....	53
4.2.1 Braquiterapia	
- Distribución de dosis alrededor de la fuente sola .....	53
- Distribución de dosis para la fuente dentro del colpostato .....	56
4.2.2 Teleterapia	
- Distribución de dosis para el campo abierto y parametrial .....	58
<b>CAPITULO V. Discusión de resultados y conclusiones</b>	
- Caracterización de los dosímetros .....	61
- Medidas de distribución de dosis (fuente sola) .....	62
- Fuente dentro del colpostato .....	62
- Cálculo de dosis a los puntos de interés .....	63
- Comparación cualitativa entre el sistema de planeación y la simulación Monte Carlo.....	64
- Distribución de dosis para el tratamiento con teleterapia .....	68
Conclusiones .....	70
<b>APÉNDICE 1. Calibración de los dosímetros termoluminiscentes y las películas de tinte radiocrómico .....</b>	<b>72</b>
<b>APÉNDICE 2. Medidas con cristales termoluminiscentes TLD-100 .....</b>	<b>74</b>
<b>APÉNDICE 3. Medidas obtenidas de la teleterapia con la cámara de ionización .....</b>	<b>78</b>
<b>APÉNDICE 4. Estimación de incertidumbres en las medidas de dosis .....</b>	<b>111</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>112</b>

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

# INTRODUCCIÓN

En México, durante las últimas dos décadas, el cáncer de cuello uterino, también conocido como cáncer cérvico uterino ocupó el primer lugar como causa de muerte por cáncer, y en la última década llegó al tercer lugar. Tan sólo en el año de 1999 se registraron en México 20,000 nuevos casos de cáncer cérvico uterino. Diariamente se registran aproximadamente 18 muertes por esta enfermedad, es decir, 1 muerte cada 90 minutos aproximadamente (Instituto Nacional de la Mujer, 2001, página web [http://www.inmujer.df.gob.mx/tem\\_interes/salud/cancer/cancer01.html](http://www.inmujer.df.gob.mx/tem_interes/salud/cancer/cancer01.html)).

El descenso del cáncer cérvico uterino como causa de muerte se debe, entre otras cosas, a una detección temprana de la enfermedad. Sin embargo, es necesario mejorar las diferentes técnicas de tratamiento para disminuir la morbilidad y aumentar la probabilidad de sobrevivencia de los pacientes.

Desafortunadamente, debido a que en nuestro país aún no se tiene ni la cultura ni la infraestructura necesarias para lograr que la mayoría de los casos de cáncer cérvico uterino sean detectados en etapas iniciales en las que esta enfermedad es curable, es necesario contar con tratamientos adecuados para pacientes cuya enfermedad se encuentra en etapas avanzadas. Actualmente, el uso de radiaciones ionizantes y la quimioterapia son las técnicas más utilizadas y que han mostrado una mayor efectividad en el tratamiento de pacientes con cáncer en etapas avanzadas.

En el caso concreto de los tratamientos que involucran el uso de radiaciones ionizantes para destruir al tumor, se pueden mencionar principalmente la teleterapia con rayos X de alta energía y la braquiterapia. La primera consiste en aplicar uno o varios campos bien definidos de rayos X sobre una cierta área del paciente, de modo que el campo de radiación cubra completamente al volumen tumoral más un cierto margen para asegurar que también se cubran posibles células tumorales que se hayan diseminado a otros órganos vecinos. La segunda técnica consiste en insertar pequeñas fuentes radiactivas selladas cerca o directamente en el volumen tumoral, utilizando algunas veces las cavidades naturales del cuerpo, como es el caso del tratamiento del cáncer cérvico uterino, en el que las fuentes son insertadas en la vagina y el útero. Desde luego que la aplicación de estas dos técnicas de tratamiento depende de la etapa en la que se encuentra la enfermedad, así como de factores relacionados con la anatomía, la edad y la probabilidad de sobrevivencia de la paciente.

Independientemente de la técnica que se utilice, el mayor reto en el uso de la radioterapia es el de dar la mayor dosis posible al volumen tumoral, y la menor dosis a los tejidos sanos cercanos. Para lograr esto se requiere conocer con precisión la manera en que se distribuye la dosis de radiación dentro del paciente, para poder establecer adecuadamente las condiciones del tratamiento.

El objetivo de este trabajo es determinar experimentalmente la distribución de dosis para un tratamiento de cáncer cérvico uterino en el que se combinan las técnicas de teleterapia con rayos X y braquiterapia de baja tasa de dosis, tomando en cuenta factores que afectan dicha distribución, como son el blindaje propio de las fuentes utilizadas en braquiterapia, así como el blindaje de los aplicadores utilizados para insertar estas fuentes, entre otros. Los resultados de las medidas experimentales serán utilizados para poder validar cálculos obtenidos de simulaciones Monte Carlo, en las que también se toman en cuenta diversos factores que afectan la distribución de dosis en el paciente.

Las medidas experimentales se realizaron en colaboración con el Instituto Nacional de Cancerología, bajo la asesoría del personal del departamento de Física de dicha institución, dirigido por el Físico Miguel Ángel Pérez Pastenes y el Ing. Ricardo Sánchez Castro.

Se espera que este trabajo contribuya a mejorar la calidad de los tratamientos de cáncer cérvico uterino y por lo tanto la calidad de vida de las pacientes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# CAPÍTULO 1

## **CÁNCER CÉRVICO UTERINO**

El cáncer del cuello uterino es uno de los tipos de cáncer más común, y se estima que representa el 6% de las neoplasias malignas en mujeres. En México se detectan alrededor de 20,000 nuevos casos y más de 6,500 defunciones por año a causa de esta enfermedad. El pronóstico de esta enfermedad se ve afectado por diversos factores, como son: etapa, volumen y grado del tumor, tipo histológico, propagación al sistema linfático y vascular, y edad de la paciente. En el cáncer del útero, se reconocen principalmente dos tipos de tumor maligno: los del cuello uterino y los del cuerpo uterino. Los primeros corresponden al cáncer de mayor frecuencia en el ser humano y representan el 85 % de los cánceres ginecológicos. En el cáncer del cuello se reconocen dos tipos histológicos: el cáncer epidermoide que corresponde al 95 % de las neoplasias del cuello, y el adenocarcinoma que corresponde al 5 % de las neoplasias de cuello. Existen otros tipos de tumores, como son los carcinomas adenoescamosos y los carcinomas de células pequeñas, pero son poco frecuentes.

### **1.1. Anatomía y fisiología básica del útero**

El útero humano es un órgano en forma de pera integrado por dos regiones anatómicas distintas: el cérvix y el cuerpo (fig. 1.1 y 1.2). El cuerpo se divide adicionalmente en un segmento uterino inferior y el fundus. El cérvix es un pasaje cilíndrico estrecho que se conecta en su extremo más inferior con la vagina. En su extremo superior, el cérvix se ensancha para formar el segmento uterino inferior (el isthmo); el segmento uterino inferior se ensancha en el llamado fondo uterino. El corpus es el cuerpo del útero que crece durante el embarazo para llevar el feto. Las trompas de Falopio (oviductos) se extienden en la parte superior del útero a cada lado del mismo; estos tubos son continuos con la cavidad uterina y permiten el pasaje de un óvulo (huevo) de los ovarios al útero donde el óvulo puede implantarse si está fertilizado (<http://www.anatomia.tripod.com.gineco.htm>).

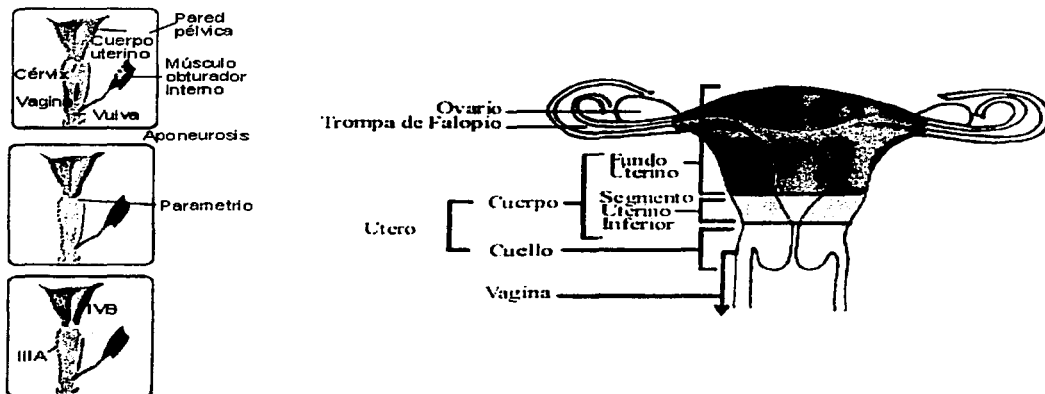


Figura 1.1. Vista frontal del útero y la vagina.

En la ilustración de la izquierda, en la figura 1.1, se muestran tres recuadros. El primer recuadro de arriba hacia abajo es una ilustración de las partes internas que componen el aparato genital femenino. En el segundo recuadro sólo se muestra el músculo obturador interno y el parametrio, que es el tejido que envuelve al útero y la vagina, y que llega hasta la pared pélvica. En el tercer recuadro se muestra el grado de invasión del cáncer cérvico uterino en los estadíos III A y IV B, donde como se verá más adelante, ya se ha invadido el tercio inferior de la vagina (IIIA) y se ha extendido más allá del cuerpo uterino (IVB).

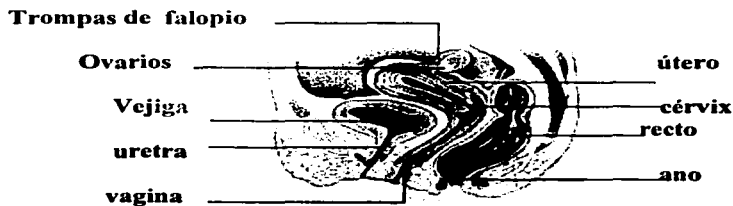


Figura 1.2. Vista lateral del aparato reproductor femenino.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **1.2. Clasificación de las etapas del cáncer cérvico uterino**

Para caracterizar a los tumores de cuello uterino, se han definido estadios o etapas, que describen el tamaño y localización del tumor, así como el grado de infiltración al sistema linfático, vascular y a otros tejidos. Actualmente se manejan dos clasificaciones: la de TNM (Creasman, 1995) (Tumor primario (T), Complicación ganglionar (N) y Metástasis distante (M)) y la FIGO (Federación Internacional de Ginecología y Obstetricia) (Shepherd, 1989).

### **1.2.1. Clasificación TNM**

#### **- Tumor Primario (T):**

**Tis:** Carcinoma in situ; carcinoma intraepitelial.

**T1:** El carcinoma esta estrictamente limitado al cérvix (no debe tenerse en cuenta la extensión al cuerpo).

**T1a:** Carcinoma microinvasor (invasión temprana del estroma).

**T1b:** Todos los otros casos de T1; el cáncer oculto debe marcarse "oc."

**T2:** El carcinoma se ha extendido más allá del cérvix uterino, pero no ha llegado a la pared pélvica.

**T2a:** No hay complicación evidente del parametrio (tejido que envuelve al útero y la vagina).

**T2b:** Complicación evidente del parametrio.

**T3:** El carcinoma se ha extendido a la pared pélvica. En el examen rectal, no hay espacio sin cáncer entre el tumor y la pared pélvica. El tumor afecta la tercera parte inferior de la vagina. Se incluyen todos los casos con hidronefrosis o disfunción renal, a menos que se sepa que se deben a otra causa.

**T4:** El carcinoma se ha extendido más allá de la pelvis misma o ha afectado clínicamente la mucosa vesical o rectal. Un edema buloso en sí, no permite que el caso sea asignado a T4.

**T4a:** Diseminación del tumor a órganos adyacentes.

- **Complicación ganglionar(N):**

**NX:** No es posible establecer si hay complicación en ganglios regionales.

**N0:** No hay complicación de ganglios regionales.

**N1:** Evidencia de complicación de ganglios regionales

- **Metástasis distante (M):**

**MX:** No pueden cumplirse los requisitos mínimos para establecer la presencia de metástasis distante.

**M0:** No hay metástasis distante (que se sepa).

**M1:** Presencia de metástasis distante.

**1.2.2. Clasificación FIGO**

(En algunos casos se presenta equivalencia con la clasificación TNM).

- **Etapa 0:** La etapa 0 es el carcinoma in situ, carcinoma intraepitelial. No hay invasión del estroma. Etapa 0: Tis, N0, M0.

- **Etapa I:** La etapa I es el carcinoma estrictamente limitado al cérvix (la extensión al cuerpo no avanza la etapa).

**Etapa IA:** carcinomas preclínicos cervicales, es decir, aquellos que sólo fueron diagnosticados por microscopio (T1a, N0, M0).

**Etapa IA1:** invasión medida del estroma de no más de 3 mm en profundidad y no más de 7 mm de ancho.

**Etapa IA2:** invasión medida del estroma de más de 3 mm pero no de más de 5 mm en profundidad y no más de 7 mm de ancho.

**Etapa IB:** lesiones clínicas limitadas al cuello uterino o lesiones preclínicas de mayor extensión a la etapa IA.

**Etapa IB1:** lesiones clínicas de no más de 4 cm en tamaño.

**Etapa IB2:** lesiones clínicas de más de 4 cm en tamaño.

- **Etapa II:** La etapa II implica que el carcinoma se extiende más allá del cérvix uterino pero no se ha extendido a la pared pélvica. El carcinoma afecta la vagina, pero no llega al tercio inferior.

**Etapa IIA:** no hay complicación obvia del parametrio, pero si de dos tercios de la parte superior de la vagina se encuentran (T2a, N0, M0).

**Etapa IIB:** complicación obvia del parametrio, pero no a la pared pélvica lateral (T2b, N0, M0).

- **Etapa III:** La etapa III implica que el carcinoma se ha extendido a la pared pélvica o que el tumor afecta el tercio inferior de la vagina. Todos los casos con hidronefrosis o con insuficiencia renal están incluidos, a menos que se sepa que la hidronefrosis se debe a otra causa.

**Etapa IIIA:** no hay extensión a la pared pélvica; el tumor se extiende al tercio inferior de la vagina (T3a, N0, M0).

**Etapa IIIB:** extensión a la pared pélvica o hidronefrosis o insuficiencia renal (T3b, N0-N1, M0).

- **Etapa IV:** La etapa IV implica que el carcinoma se ha extendido más allá de la pelvis misma o ha afectado clínicamente la mucosa vesical o rectal. Un edema buloso de la vejiga, como tal, no permite que el caso sea asignado a la etapa IV.

**Etapa IVA:** propagación del tumor a órganos adyacentes (biopsias positivas de la vejiga o del recto, T4a, NX-N1, M0).

**Etapa IVB:** propagación a órganos distantes (cualquier T, cualquier N, M1).

En las figuras 1.4a y 1.4b se aprecia el grado de invasión al cuerpo uterino según la clasificación FIGO.

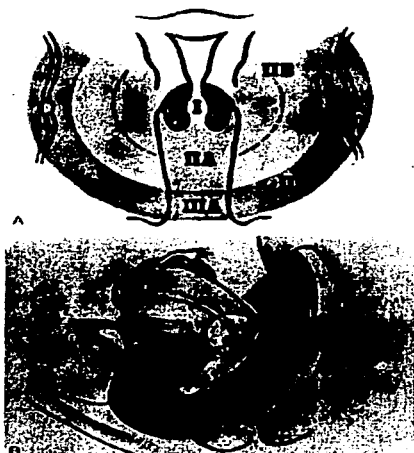


Fig. 1.4a y 1.4b. Grado de invasión del cáncer en el cuerpo uterino, según la etapa en la que éste se encuentra.

En este trabajo, nos referiremos de aquí en adelante a la clasificación FIGO.

### 1.3. Opciones de tratamiento

Dependiendo de la etapa en la que se encuentre el tumor, existen diversas opciones de tratamiento. En esta sección se utilizará la clasificación FIGO. Los tratamientos posibles para cada etapa se describen a continuación (Perez ,1992).

Etapa I a III. El tratamiento podría consistir en uno de los siguientes procedimientos:

1. Cirugía para extraer el útero, las trompas de Falopio, los ovarios y algunos de los ganglios linfáticos de la pelvis y el abdomen (histerectomía abdominal total, salpingooforectomía bilateral y disección de ganglios linfáticos).
2. Histerectomía abdominal total, salpingooforectomía bilateral y disección de los

ganglios, seguidos de radioterapia a la pelvis. En este caso la radioterapia puede involucrar teleterapia, braquiterapia o una combinación de ambas.

### 3. Cirugía seguida de quimioterapia.

**Etapa IV.** El tratamiento generalmente consistirá de una prueba clínica para decidir si se emplea quimioterapia.

**Recurrente.** Si el cáncer ha vuelto (recurrido), el tratamiento podría consistir en uno de los siguientes:

1. Pruebas clínicas con quimioterapia o terapia hormonal.
2. Radioterapia externa para aliviar los síntomas como el dolor, la náusea o las funciones intestinales anormales.

En el caso de los tratamientos con radioterapia, las técnicas que nos interesan en este caso son la teleterapia y la braquiterapia, cuyas principales características se detallan a continuación.

#### **1.3.1. Teleterapia**

El término teleterapia proviene de las palabras griegas *tele*, que significa lejos, y *therapeia*, que significa curación o tratamiento. Aunque la palabra teleterapia no denota específicamente qué es lo que se utiliza para curar o tratar, se ha asociado comúnmente con el uso de campos de radiación externos para tratar a pacientes que generalmente padecen de algún tipo de cáncer.

Actualmente se entiende a la teleterapia como la aplicación de uno o varios campos bien definidos de radiación ionizante sobre una cierta área del cuerpo, y a una cierta distancia de éste, con la finalidad de tratar lesiones tumorales malignas, es decir, tumores cancerosos. El campo de radiación puede ser producido ya sea con una fuente radiactiva (por ejemplo, <sup>60</sup>Co), con un tubo convencional de rayos X o un acelerador lineal.

Los equipos de teleterapia generalmente consisten de una fuente de radiación, un sistema de colimación del haz de radiación y una mesa en la que se coloca el paciente, y que tiene la posibilidad de moverse en las tres direcciones espaciales, así como rotar sobre su eje

transversal. La parte del equipo de la que sale el haz de radiación que se va a utilizar para el tratamiento es conocida como “cabezal”, y se encuentra dentro del “Gantry”, que es la parte del equipo que también puede girar alrededor de un eje fijo. La intersección entre este eje y el centro del campo de radiación es conocida como isocentro. Algunos equipos tienen la característica de que su cabezal puede desplazarse sobre una línea perpendicular a su eje de rotación, con el fin de variar la distancia entre el haz de radiación y el paciente.

El sistema de colimación de un equipo de teleterapia consiste básicamente en dos pares de bloques de forma regular de algún metal pesado (generalmente plomo). Cada par de bloques puede ser movido independientemente para obtener campos de forma rectangular o cuadrada. Algunas veces se fabrican protecciones hechas de una aleación conocida como cerrobend, compuesta de estaño, plomo, zinc y cobre. Las protecciones tienen la forma necesaria para cubrir órganos del cuerpo que no deben recibir una dosis alta de radiación.

### -Equipos de $^{60}\text{Co}$ .

En los equipos de teleterapia que utilizan  $^{60}\text{Co}$  como fuente de radiación, ésta se encuentra en el gantry, encapsulada en una estructura de acero llena de plomo, con el fin de servir como blindaje. Existen diferentes mecanismos para lograr que la fuente de  $^{60}\text{Co}$  pueda ser colocada en una posición de “encendido” o “apagado”. Uno de esos mecanismos consiste en que la fuente está montada sobre un rodillo que puede rotar, de modo que la fuente puede quedar apuntando hacia el paciente o en la dirección opuesta. Otro mecanismo consiste en colocar bloques gruesos de acero conocidos como “quijadas”, que pueden abrirse para dejar a la fuente en posición de “encendido”, o cerrarse para cubrir a la fuente y dejarla en posición de “apagado”. Aunque se habla de que la fuente está en encendido o apagado, esto no significa que la fuente deja de emitir radiación en algún momento, sino que es colocada en una posición tal que la radiación que emite es atenuada de tal forma que se alcanzan niveles de POE que no rebasan los permitidos por los organismos de seguridad radiológica para POE. La figura 1.5 muestra el cabezal de un equipo de teleterapia de  $^{60}\text{Co}$  (Williams,1993).

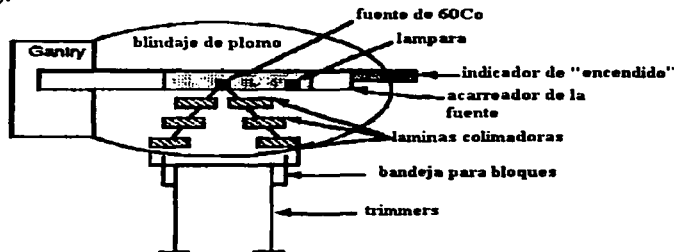


Figura 1.5. Equipo de teleterapia con  $^{60}\text{Co}$ .



El  $^{60}\text{Co}$  tiene una vida media de 5.26 años, y decae al  $^{60}\text{Ni}$  a través de la emisión de dos grupos de partículas  $\beta^-$  (electrones) de dos energías máximas diferentes: 0.32 MeV (99.9 %) y 1.48 MeV (0.1%). Al decaer a dos estados excitados del  $^{60}\text{Ni}$ , se emiten también rayos  $\gamma$  de dos energías diferentes: 1.17 MeV y 1.33 MeV, que es la radiación utilizada para teleterapia. Para fines prácticos, normalmente se considera que la energía de los rayos  $\gamma$  emitidos por el  $^{60}\text{Co}$  es de 1.25 MeV, es decir, el promedio de las dos energías de los rayos  $\gamma$ . La figura 1.6 muestra el esquema de decaimiento del  $^{60}\text{Co}$ .

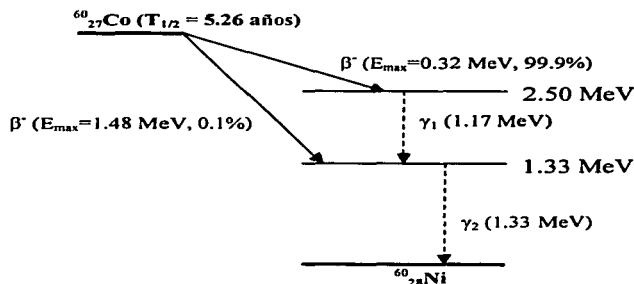


Figura 1.6. Esquema de decaimiento del  $^{60}\text{Co}$ .

### - Aceleradores lineales.

Los aceleradores lineales, como su nombre lo indica, son aceleradores de partículas cargadas cuya interacción con un blanco produce el campo de radiación. Existen muchos tipos de aceleradores lineales, y que utilizan diferentes principios para acelerar dichas partículas. En el caso de un acelerador lineal de rayos X, las partículas aceleradas son electrones obtenidos al calentar un filamento de tungsteno, que libera electrones por excitación térmica. Los electrones son acelerados por un dispositivo que consta de dos cavidades. Los electrones son acelerados hacia la primera cavidad por un pulso de voltaje negativo, y al entrar a la cavidad son impulsados por microondas, que generan un campo eléctrico alterno a lo largo de la cavidad. La variación del campo eléctrico actúa como un modulador de velocidad, pues algunos de los electrones que entran en la cavidad son acelerados mientras otros son frenados, y algunos permanecen sin ser afectados.

Para obtener el haz de rayos X, los electrones que ya han sido acelerados por el proceso mencionado, se hacen incidir sobre un blanco de tungsteno, y como resultado de las interacciones entre los electrones y los átomos del blanco se obtiene un espectro continuo de rayos X de frenado, conocidos como *bremstrahlung* o de frenado, con energía máxima igual a la energía cinética de los electrones incidentes.

El cabezal de un acelerador lineal de rayos X, está compuesto por el blanco de tungsteno, un filtro aplanador y un sistema de colimación. La figura 1.7 muestra un esquema de la estructura interna del cabezal de un acelerador lineal, y la figura 1.8 muestra un acelerador lineal clínico de rayos X (Khan, 1994).

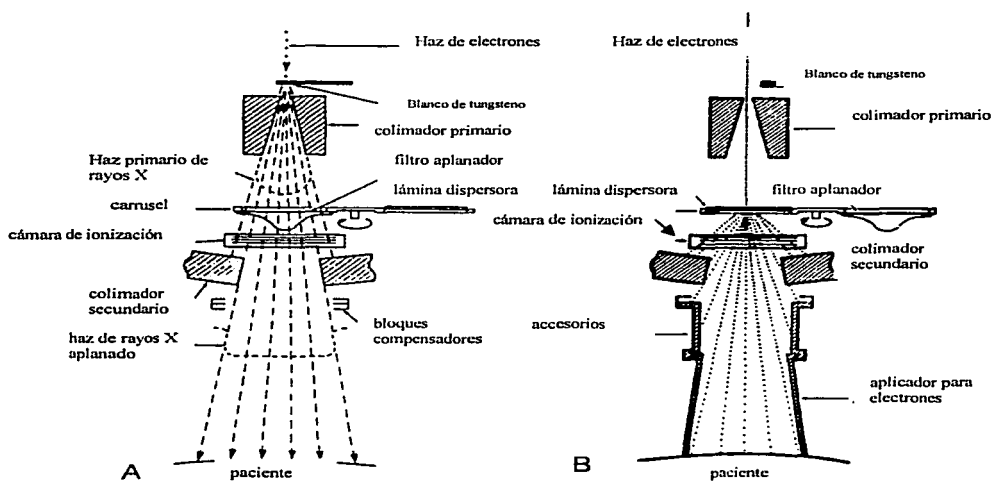


Figura 1.7. Esquema del cabezal de un acelerador lineal a) en el modo de producción de rayos X y b) para irradiar con electrones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figura 1.8. Acelerador lineal utilizado en teleterapia.

El filtro aplanador tiene la función de uniformizar la intensidad del haz, ya que los rayos X de mayor energía salen preferentemente en la dirección original de los electrones incidentes en el blanco. El sistema de colimación consiste de dos bloques o "quijadas" de plomo, que pueden moverse en un plano para obtener campos rectangulares o cuadrados de diferente tamaño, con la condición de que el movimiento de los colimadores debe ser de tal manera que los bordes de éstos queden en dirección a una línea radial que pasa a través del blanco.

### **1.3.2. BRAQUITERAPIA**

El término braquiterapia proviene de las palabras griegas *braqui*, que significa distancia corta o corto alcance, y *therapeia*, que significa curar. En términos generales, puede decirse que la braquiterapia es una técnica que consiste en insertar pequeñas fuentes radiactivas selladas cerca o directamente en el volumen tumoral.

Dentro de la técnica de braquiterapia pueden mencionarse cuatro modalidades; la braquiterapia intersticial, braquiterapia intracavitaria, braquiterapia transluminal y técnica de molde.

La braquiterapia intersticial consiste en colocar las fuentes de braquiterapia cerca del tumor o dentro de él mediante cirugía, por lo que el paciente requiere de hospitalización. Las fuentes colocadas de esta manera se quedan permanentemente en el cuerpo del paciente.

En la braquiterapia intracavitaria, las fuentes son colocadas en cavidades del cuerpo que estén cerca del tumor. En el caso del cáncer cérvico uterino, las fuentes son colocadas en el cérvix y/o útero mediante aplicadores. Todos los implantes intracavitarios son temporales; sólo se quedan en el cuerpo del paciente durante el tiempo necesario para administrar la dosis requerida.

La braquiterapia transluminal consiste en insertar una fuente lineal en un cierto volumen del cuerpo con el fin de tratar su superficie y tejidos adyacentes. La técnica de molde puede considerarse como una modalidad de la técnica anterior, pues también se utiliza para administrar una cierta dosis a la piel o a una superficie mucosa, utilizando aplicadores que se adaptan a la superficie del área tratada.

Además de las técnicas de implantación mencionadas, existen dos variantes que tienen que ver con la rapidez con la que se administra la dosis requerida al volumen de tratamiento: la braquiterapia de baja tasa de dosis y la de alta tasa de dosis. En la braquiterapia de baja tasa de dosis se entregan tasas de dosis que van de 40 a 200 cGy/hora, mientras que en la de alta tasa de dosis, son mayores a 1200 cGy/hora (ICRU 38, 1985).

### **- Fuentes de braquiterapia**

En la actualidad existe una gran variedad de fuentes radiactivas que pueden ser utilizadas en braquiterapia, y cada una se puede caracterizar, entre otras cosas, por su forma, tamaño, actividad o intensidad, espectro de emisión y distribución de la actividad a lo largo de la fuente. En el caso de la braquiterapia intracavitaria, las fuentes más utilizadas son la de  $^{137}\text{Cs}$  para baja tasa de dosis, y de  $^{60}\text{Co}$  o  $^{192}\text{Ir}$  para alta tasa de dosis.

Las propiedades deseables de una fuente radiactiva utilizada para implantes intracavitarios son:

1. Una vida media de al menos 5 a 10 años, con el fin de poder utilizarlas en tratamientos a varios pacientes y así amortizar su alto costo.
2. Una energía promedio del fotón emitido de al menos 60 a 100 keV, que garantice que la distribución de dosis resultante en tejido es equivalente a la que produciría una fuente de radio, sobre la cual ya se tiene un amplio conocimiento. La caída de la dosis característica de fuentes de menor energía como función de la distancia es muy rápida para tratar adecuadamente la periferia del volumen de tratamiento

(localizada de 2 a 5 cm del centro del aplicador) sin sobrepasar la dosis de tolerancia en los tejidos que están en contacto con el sistema aplicador.

- Una actividad específica suficientemente alta para asegurar que las tasas de dosis prescritas para los sistemas clásicos (0.5 a 1.5 Gy/hr) puedan alcanzarse.

- Fuentes de  $^{137}\text{Cs}$ .

El  $^{137}\text{Cs}$  decae por emisión de partículas  $\beta^-$  a  $^{137}\text{Ba}$ , con una vida media de 30 años. El decaimiento a un estado excitado del Ba, produce la emisión de rayos  $\gamma$  monoenergéticos de 662 keV (figura 1.9). La conversión interna da lugar a la emisión de rayos X característicos del  $^{137}\text{Ba}$  o de electrones Auger. Una de las fuentes modernas de  $^{137}\text{Cs}$  más utilizadas actualmente es el modelo Amersham CDCS-J en forma de tubo, que tiene una longitud activa de 13.5 mm, una longitud física de 20 mm y un diámetro de 2.65 mm. El grosor de la cápsula de acero inoxidable que actúa como blindaje es de 0.5 mm. También se utilizan fuentes modelo 3M, que tienen forma tubular de 20 mm de longitud y 3.1 mm de diámetro, con una longitud activa de 14 mm y un espesor de encapsulado de 0.93 mm.

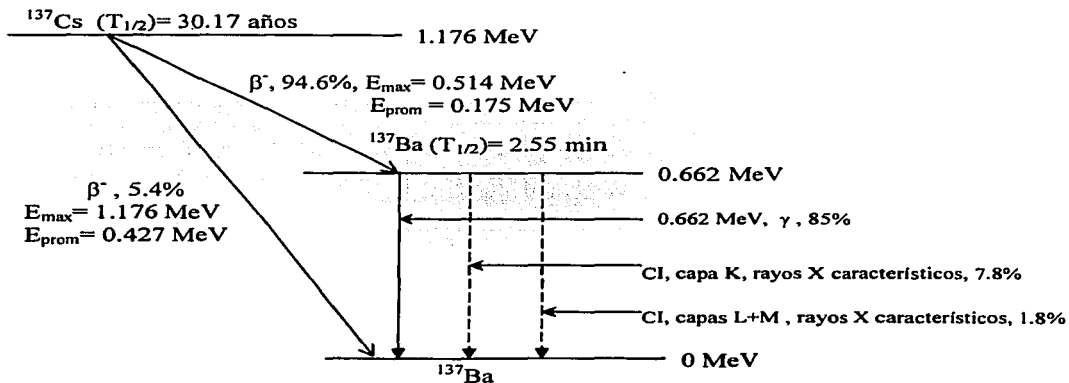


Figura 1.9. Esquema de decaimiento del  $^{137}\text{Cs}$ .

Las fuentes de  $^{137}\text{Cs}$  antes mencionadas producen curvas de isodosis que proyectadas sobre un plano tienen una forma casi elíptica, por lo que cuando son utilizados para implantes del cuello del útero, se colocan de manera que su eje longitudinal queda perpendicular al plano coronal del paciente. La figura 1.10 muestra el esquema de la fuente de  $^{137}\text{Cs}$  modelo 3M.

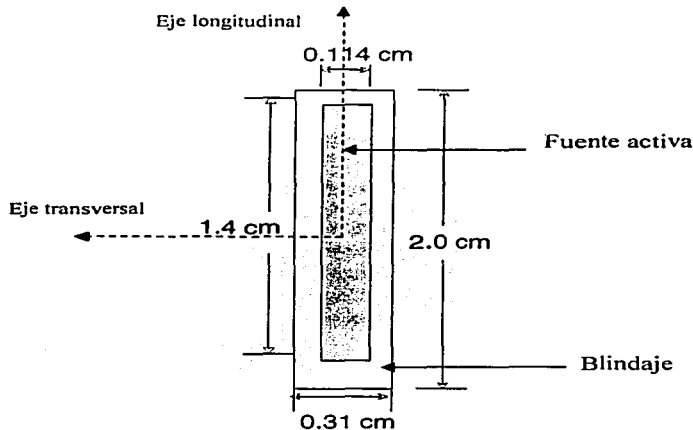


Figura 1.10. Fuente de braquiterapia de  $^{137}\text{Cs}$ , modelo 3M.

El núcleo de la fuente activa está compuesta de un vidrio de fosfato de circonio en el que está uniformemente distribuido el  $^{137}\text{Cs}$ . La capa más externa (blindaje) es de acero inoxidable, y tiene un espesor suficiente para detener las partículas  $\beta^-$  producidas durante el decaimiento del  $^{137}\text{Cs}$ , por lo que de la fuente sólo se obtiene la radiación  $\gamma$  de 0.662 MeV, más la radiación de frenado.

Hasta ahora, sólo se han definido las técnicas de teleterapia y braquiterapia, con sus distintas modalidades. En el siguiente capítulo, se hablará específicamente de las condiciones de tratamiento de cáncer cérvico uterino utilizando teleterapia y braquiterapia, dependiendo de la etapa en que se encuentre la enfermedad.

## CAPÍTULO 2

# **TRATAMIENTO DEL CÁNCER CÉRVICO UTERINO COMBINANDO BRAQUITERAPIA Y TELETERAPIA**

Como se mencionó en el capítulo anterior, existe una clasificación para describir la etapa clínica en la que se encuentra el cáncer cérvico uterino, en función de su tamaño y del grado de invasión hacia otros órganos o tejidos. El tratamiento a seguir depende también de la clasificación del tumor, y puede implicar sólo teleterapia, braquiterapia o ambas. Para llevar a cabo la planeación del tratamiento con braquiterapia, se han implementado sistemas que especifican la dosis que deben recibir ciertos puntos anatómicos de interés. Uno de esos sistemas es el conocido como "Manchester", y es uno de los más utilizados en la actualidad (Todd, 1938).

### **2.1. El sistema Manchester**

Este sistema se caracteriza por especificar la dosis impartida durante el tratamiento con braquiterapia a cuatro puntos de referencia, asociados a estructuras anatómicas radiosensibles, por lo que la dosis impartida no debe rebasar un cierto valor umbral. Dichos puntos de referencia son: puntos A, puntos B, un punto en la vejiga y uno en el recto. La duración del implante de braquiterapia está basada en la tasa de dosis calculada en los puntos A, aunque también debe tomarse en consideración la dosis a los otros puntos para evaluar el plan de tratamiento (Khan, 1994).

El punto A está localizado 2 cm hacia arriba de la entrada del canal cervical y 2 cm hacia cada lado del canal cervical. El punto B está localizado 3 cm laterales al punto A, como se muestra en la figura 2.1. En esta figura se muestran cinco fuentes, tres de ellas dentro del útero y las dos restantes insertadas en estructuras cilíndricas en el cuello del útero. La vista mostrada es a lo largo de un plano coronal (o bien, vista frontal). Puede observarse que las dos fuentes en el cuello del útero están orientadas aproximadamente de manera perpendicular a las tres fuentes alojadas en el útero.

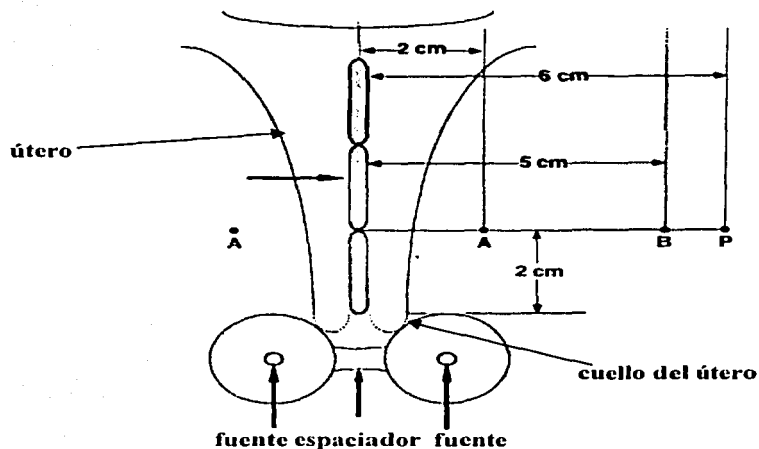


Fig. 2.1. Posición anatómica de los puntos A y B en el sistema Manchester.

Idealmente, el punto A representa el punto donde los vasos uterinos cruzan la uretra, y es la tolerancia de estas estructuras la mayor limitante para la irradiación del cérvix uterino. Sin embargo, evidentemente esto depende de la anatomía de cada paciente, por lo que la prescripción de la dosis al punto A podría dar lugar a una dosis menor o mayor que la requerida en el volumen tumoral.

La dosis al recto y a la vejiga depende de la distribución de las fuentes y de su intensidad. Si la dosis resulta ser muy alta, se puede cambiar la geometría de la aplicación o la intensidad de las fuentes para reducir o solucionar dicha sobredosis. La localización del recto y la vejiga puede hacerse mediante radiografías y utilizando un medio de contraste. La máxima dosis al recto y a la vejiga no debe exceder el 80% de la dosis que recibe el punto A, o de 3500 cGy.



## 2.2. Terapia con haz externo

El tratamiento del cáncer cérvico uterino puede implicar una combinación de irradiación con haz externo y braquiterapia intracavitaria. Cuando se lleva a cabo la terapia con haz externo, generalmente se utilizan dos técnicas o modalidades de campo: el campo pélvico y el campo parametrial.

El campo pélvico, o irradiación a pelvis total está delimitado en su borde superior por una línea que pasa entre L4 y L5 (4ª y 5ª vértebra lumbar), su borde inferior por una línea que pasa debajo del foramen obturador. Los bordes laterales se sitúan a 2 cm del mayor diámetro pélvico. El tamaño del campo varía de acuerdo a las características anatómicas de cada paciente, pero en promedio puede considerarse que mide alrededor de  $20 \times 17 \text{ cm}^2$ .

La técnica parametrial consiste en aplicar un campo cuyos bordes son delimitados de la misma manera que en el campo pélvico, sólo que ahora se protege la zona del útero, la vagina, los puntos A y el recto (es decir, la zona irradiada con la aplicación intracavitaria) con un blindaje de al menos 4.5 cm de espesor de cerrobend, como se muestra en la figura 2.2. El bloque de cerrobend sólo deja pasar aproximadamente el 5% de la radiación incidente.

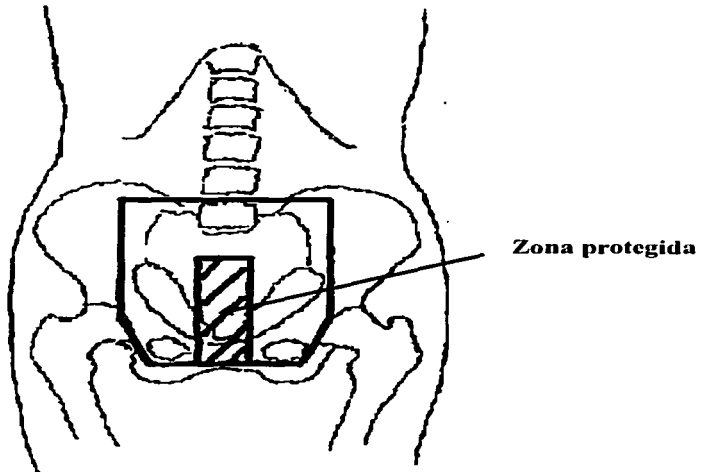


Figura 2.2. Forma del campo aplicado en la técnica parametrial.

### 2.2.1. Tratamiento por etapas clínicas

El tratamiento del cáncer cérvico uterino puede implicar ya sea una aplicación de braquiterapia o de teleterapia, o una combinación de ambas, dependiendo del grado clínico de la enfermedad. Actualmente, se ha establecido el siguiente régimen de tratamientos, que desde luego pueden variar de acuerdo a la situación de cada paciente. La tabla 2.1 muestra algunas de las opciones de tratamiento para cada etapa, considerando la clasificación FIGO (Perez, 1992).

<i>Estadio clínico (clasificación FIGO)</i>	<i>Tratamiento</i>
IB1 y IB2	2 aplicaciones de braquiterapia, dando una dosis al punto A de 3500-3800 cGy cada una.
IIA	igual que en IB1 y IB2, más una irradiación con técnica parametrial, dando una dosis de al menos 4500 cGy.
IIB y IIIB	Irradiación de pelvis total, dando una dosis de 5000 cGy en fracciones de 180 a 220 cGy por día, y posteriormente aplicación de braquiterapia dando 3500 cGy al punto A.
4A	irradiación de pelvis total a 5000 cGy, y un mes después una sobredosis de 4500 cGy. Si el tumor ya no invade la pared de la vejiga se suministra una aplicación de braquiterapia

Tabla 2.1. Algunas opciones de tratamiento para diferentes etapas de cáncer cérvico uterino.

### 2.3. Aplicadores para braquiterapia intracavitaria

La distribución de dosis en los tratamientos de braquiterapia intracavitaria depende tanto de la fuente como del aplicador. En el caso del cáncer cérvico uterino, existe una gran variedad de aplicadores diseñados para irradiar el cuello del útero y el útero, ya sea simultáneamente o en diferentes aplicaciones. La figura 2.3 muestra algunos de los aplicadores más comúnmente utilizados en braquiterapia intracavitaria.

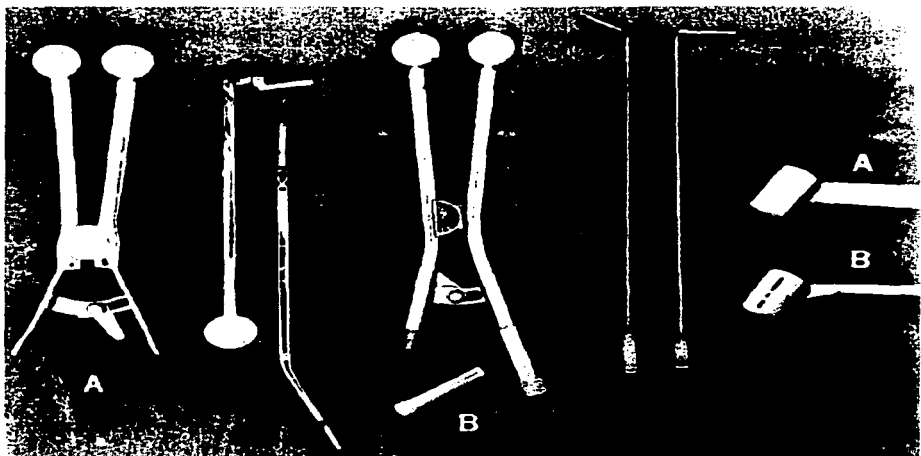


Fig. 2.3. Aplicadores utilizados en braquiterapia intracavitaria para tratamiento de cáncer cérvico uterino.

Como puede apreciarse en la figura anterior, los aplicadores para el cuello del útero consisten de dos piezas comúnmente llamadas colpostatos cuya forma es semejante a un pequeño martillo. En la cabeza cilíndrica del colpostato, comúnmente llamada ovoide, se coloca la fuente radiactiva, que generalmente es de  $^{137}\text{Cs}$ , y ésta se introduce a través del brazo del colpostato. La estructura interna del ovoide es diferente para cada modelo, aunque en general se compone de acero inoxidable y blindajes de tungsteno para proteger a la vejiga y el recto. En las aplicaciones simultáneas de cuello y útero, se utiliza también un tubo cilíndrico conocido como "tándem", en el cual se pueden introducir varias fuentes para irradiar el útero. En la mayoría de las pacientes, el útero tiene una forma curva, lo que causa una angulación entre éste y la vagina. Los tandems tienen una forma curva con diferentes angulaciones, con el fin de adaptarse a la anatomía de cada paciente, y pueden tener una longitud que va de 20 a 25 cm, y un diámetro externo de 0.6 cm aproximadamente, como se muestra en la figura 2.4.

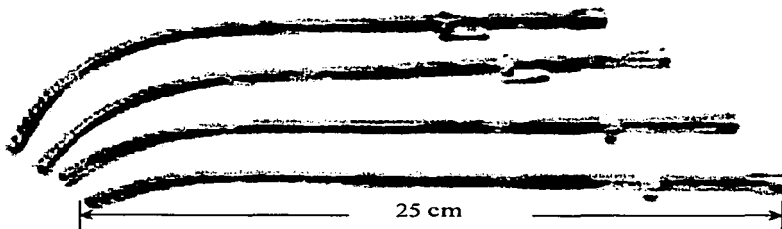


Figura 2.4. Diferentes tamaños y angulaciones del tándem.

La figura 2.5 muestra la colocación de los colpostatos y el tándem para una aplicación simultánea.

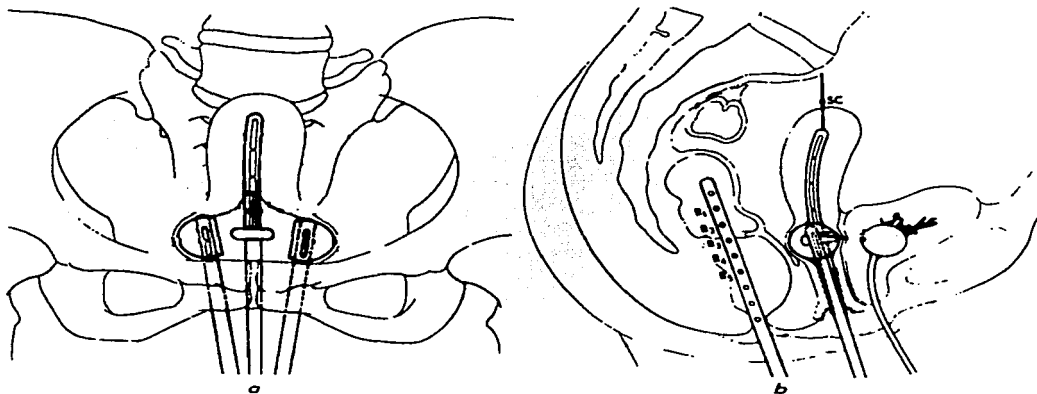


Figura 2.5. Colocación del tándem y los colpostatos para irradiación simultánea del cuello del útero y el útero a) vista frontal, b) vista lateral.

### Aplicador Fletcher – Suit – Delclos.

El aplicador Fletcher – Suit – Delclos es uno de los más utilizados actualmente, tal vez debido a la estructura interna del colpostato que incluye blindajes de tungsteno para proteger a los órganos críticos como la vejiga y el recto. La figura 2.6. muestra el aspecto exterior de este aplicador.



Figura 2.6. Aplicador Fletcher – Suit – Delclos.

La estructura interna del ovoide para el colpostato Amersham modelo ASN 8231 se muestra en la figura 2.7. Las líneas segmentadas indican los planos sobre los que se tomaron las proyecciones mostradas.

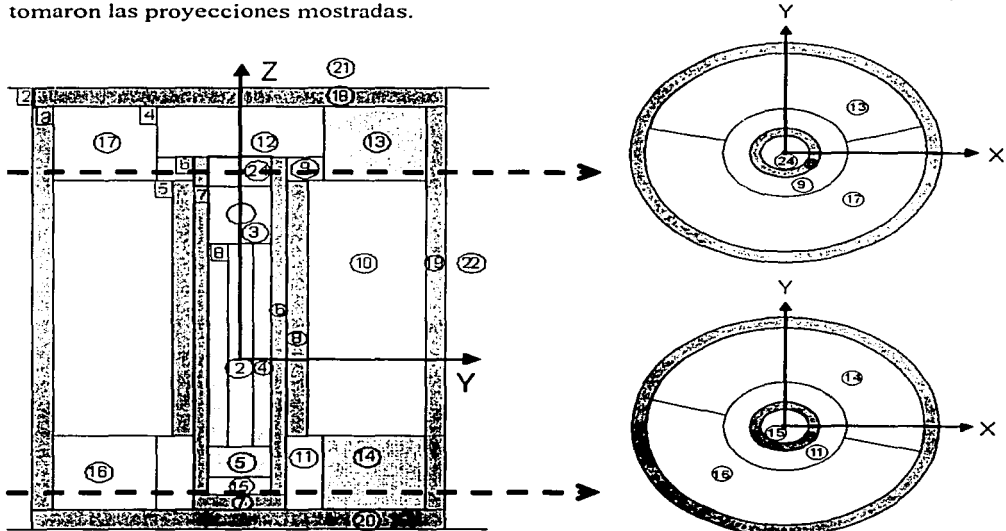


Figura 2.7. Estructura interna del ovoide en el aplicador Fletcher-Suit-Delclos. Las regiones indicadas como 13 y 14 son de tungsteno y protegen al recto y la vejiga.

Como se observa en la figura anterior, la parte superior del ovoide contiene un blindaje de tungsteno (13) que tiene una forma parecida a una media luna con un ángulo de  $150^\circ$ , y un espesor de 0.5 cm. En la parte inferior del ovoide el blindaje tiene el mismo espesor y misma forma (14) que en la parte superior, sólo que el ángulo que forma la media luna es de  $180^\circ$ . El material del que está hecha la estructura más externa del colpostato (6), (7), (8), (18), (19) y (20) es acero inoxidable. La fuente (2, 3, 4 y 5) queda colocada en el centro del ovoide, a una cierta altura de la base.

Hasta ahora se han descrito los posibles tratamientos a seguir dependiendo de la etapa en la que se encuentra la enfermedad, así como la estructura de los aplicadores utilizados en tratamientos de braquiterapia. A continuación se describirá el funcionamiento y características de los dosímetros utilizados para la medición de la dosis en los tratamientos mencionados.

## **2.4. Dosimetría en tratamientos de cáncer cérvico uterino**

La dosimetría puede entenderse simplemente como la medición o cuantificación de la energía que la radiación ionizante deposita en un medio de interés. La medida o cuantificación de la dosis, o cantidad de energía depositada en el medio por la radiación por unidad de masa, se lleva a cabo utilizando dispositivos conocidos como dosímetros.

En términos generales, un dosímetro puede ser definido como aquel dispositivo capaz de proveer una medida de la dosis absorbida en un cierto volumen de interés. Aunque existen muchos materiales sensibles a la radiación, son pocos los que pueden ser utilizados como dosímetros. Para que un material pueda ser utilizado como dosímetro es necesario que cumpla con las siguientes características (Attix, 1986):

- que sea estable bajo condiciones ambientales normales
- simple de manejar
- fácil de preparar a partir de reactivos y disolventes comunes

Además se requiere que su respuesta a la radiación sea:

- proporcional a la dosis en un amplio intervalo de dosis
- independiente de la rapidez de dosis
- independiente de la energía de la radiación
- independiente de factores ambientales
- reproducible (con una precisión de entre un 2 y un 5%).

Desafortunadamente no se conoce hasta ahora algún material que cuente con todas las características mencionadas, pero los dosímetros utilizados actualmente cumplen con la mayoría de ellas, como es el caso de los dosímetros termoluminiscentes y las películas de tinte radiocrómico, cuyo funcionamiento se detalla a continuación.

### 2.4.1. Dosímetros termoluminiscentes

Un material termoluminiscente (TL) puede ser descrito a grandes rasgos como un material que emite luz al ser calentado después de haber sido expuesto a radiación ionizante. La cantidad de luz que emite es proporcional a la energía depositada por la radiación incidente. El volumen sensible de un dosímetro termoluminiscente (DTL) consiste de una pequeña masa (~1-100 mg) de material cristalino dieléctrico que contiene "activadores" o impurezas, que son los que lo hacen funcionar como un material termoluminiscente. Dichos activadores no son más que imperfecciones naturales o inducidas en la red cristalina del material (Attix, 1986).

En general, puede decirse que se producen en el cristal dos tipos de imperfecciones que pueden atrapar y mantener a lo que se denomina acarreadores de carga (por ejemplo, electrones y hoyos producidos durante eventos de ionización) en un potencial eléctrico durante largos periodos de tiempo. Se pueden identificar entonces trampas para electrones y trampas para hoyos. Cuando un hoyo cae dentro de una trampa, ésta se convierte en lo que se denomina un centro luminiscente activado, y cuando un hoyo o un electrón se recombina con uno de estos centros luminiscentes, se da la emisión de luz. La figura 2.8. muestra un diagrama esquemático del proceso de termoluminiscencia (Attix, 1986).

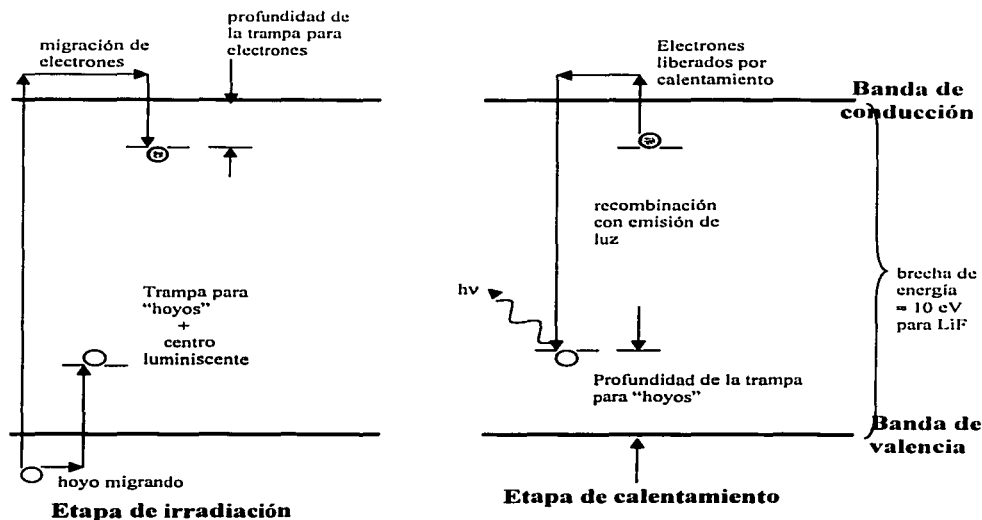


Fig. 2.8. Esquema del proceso de termoluminiscencia.

Dentro del cristal, un evento de ionización eleva a un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción, donde migra hacia una trampa, es decir, a un sitio de la red cristalina donde falta un ión negativo. El hoyo dejado por el electrón que migra cae en una trampa para hoyos. A temperatura ambiente, dichas trampas son capaces de mantener por periodos de tiempo muy prolongados a los electrones y a los hoyos, hasta que logran escapar cuando se les transfiere la energía suficiente, que puede ser energía térmica (es decir, calentamiento del cristal). Después de que el electrón adquiere energía suficiente para escapar de la trampa, migra nuevamente a la banda de conducción y cae en una trampa para hoyos, que actúa como centro luminiscente y se libera un fotón, dando lugar al proceso conocido como luminiscencia.

Mientras más energía se deposite en el cristal, mayor será el número de electrones y hoyos producidos dentro del cristal, y por lo tanto también será mayor la intensidad de la luz emitida. Esta proporcionalidad entre la cantidad de dosis impartida al cristal y la cantidad de luz que emite al ser calentado es válida dentro de un cierto intervalo de dosis.

Para medir la cantidad de luz emitida por los cristales termoluminiscentes se utiliza un instrumento cuyo diseño básico se muestra en la figura 2.9.

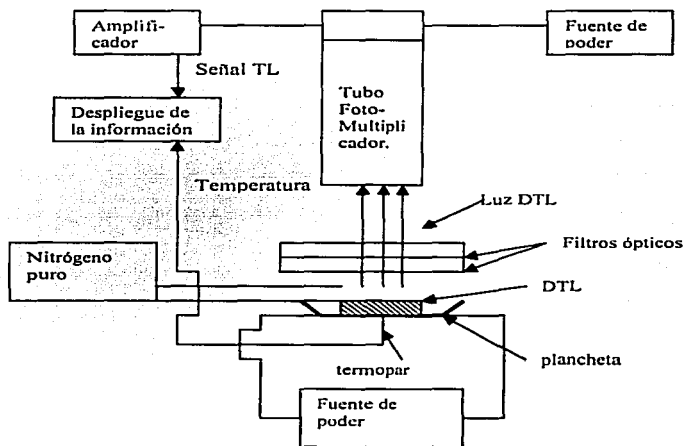


Fig. 2.9. Diseño básico de los equipos para leer dosímetros termoluminiscentes.

El cristal es colocado en la plancheta a temperatura ambiente, y mientras es calentado el tubo fotomultiplicador mide la cantidad de luz emitida por el cristal. La cantidad de luz puede ser expresada en términos de la corriente producida en el tubo. Esta corriente se integra durante el proceso de calentamiento obteniéndose una respuesta en unidades de



carga eléctrica. Generalmente el proceso de calentamiento del cristal se hace suministrando gas Nitrógeno (N<sub>2</sub>), con el fin de evitar la corrosión de éste y de la plancheta.

Es importante mencionar que los dosímetros termoluminiscentes requieren de un proceso de horneado antes de poder utilizarlos, con el fin de establecer un equilibrio termodinámico del cristal. Esto permite borrar la "memoria" o señal residual que haya quedado de irradiaciones anteriores. El proceso de horneado depende de cada tipo de dosímetro. Además del proceso de horneado, debe seguirse un protocolo para la irradiación y lectura de estos dosímetros, es decir, bajo que condiciones se deben llevar a cabo la irradiación y la lectura, cuanto tiempo debe pasar entre éstas, etc. Es sumamente importante seguir este protocolo cada vez que se utilizan los dosímetros, ya que una variación en las condiciones de horneado, irradiación o lectura puede dar lugar a una variación en la respuesta, y por lo tanto a que las medidas realizadas no sean reproducibles y sean poco confiables. También es necesario tener una serie de cuidados con estos cristales, como mantenerlos almacenados en un lugar oscuro donde no penetre la luz natural, con poca humedad y a una temperatura de entre 15 y 20° C, y alejados de cualquier fuente de radiación ionizante.

En el caso concreto de los dosímetros termoluminiscentes Harshaw/Bicron de LiF:Mg,Ti, conocidos comercialmente como TLD-100, el proceso recomendado de horneado es de una hora a 400° C, seguido por un enfriamiento rápido para después continuar con un segundo horneado de 2 horas a 100° C (Gamboa,1996). Después del horneado, es necesario esperar al menos 24 horas para poder irradiarlos, ya que deben alcanzar un estado de equilibrio termodinámico. Después de la irradiación, es necesario esperar otras 24 horas para leer su respuesta, con el fin de que ésta se estabilice. En la tabla 2.1 se muestran algunas de las características del TLD-100.

Intervalo de dosis útil	10 µGy – 10 Gy
Numero atómico efectivo	8.2
Tiempo de estabilización de la respuesta (post-radiación)	24 h
Respuesta en energía a 30 keV/ <sup>60</sup> Co	1.25 (por dosis)
Desvanecimiento anual	5% a 20° C
Dimensiones	3 × 3 × 1 mm <sup>3</sup>

Tabla 2.1. Características del dosímetro TLD-100.

Los dosímetros TL pueden conseguirse en diferentes formas y dimensiones, que pueden variar desde su presentación en polvo hasta cristales sinterizados, de diferentes formas y tamaños (cilindros, cubos, etc.) Para este trabajo se utilizaron dosímetros Harshaw/Bicron LiF:Mg,Ti (TLD-100) sinterizados, con dimensiones de 3×3×1 mm<sup>3</sup>, identificados con su número de lote 32207.

#### 2.4.2. Películas de tinte radiocrómico

Las películas de tinte radiocrómico son dosímetros que reaccionan desarrollando una cierta coloración cuando son expuestas a radiación ionizante, y dentro de cierto intervalo de dosis, la intensidad de la coloración es proporcional a la cantidad de radiación que recibieron. Dicha coloración puede ser producida por el rompimiento de enlaces químicos o por formación de radicales libres y sus consecuentes reacciones.

El color desarrollado es característico de cada película, dependiendo de las sustancias con las que esté fabricada. En el caso específico de la película Gafchromic MD-55-2 utilizada en este trabajo, la coloración que desarrolla al ser irradiada es de un tono azulado que aumenta de intensidad conforme se incrementa la dosis depositada por la radiación. El intervalo de dosis útil de estas películas va de 3 a 100 Gy. Está formada por capas de diversos materiales, como se muestra en la figura 2.10 (AAPM, 1998).

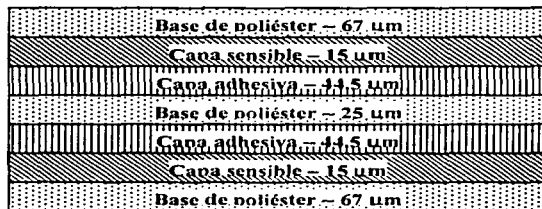


Figura 2.10. Estructura de la película MD-55-2.

La composición atómica aproximada de la película MD-55-2 es la siguiente (AAPM, 1998):

Base de poliéster:	Carbono	45%
	Hidrógeno	36%
	Oxígeno	19%
Capa sensible:	Carbono	31%
	Hidrógeno	56%
	Nitrógeno	5%
	Oxígeno	8%
Capa adhesiva:	Carbono	33%
	Hidrógeno	50%
	Oxígeno	17%

En la tabla 2.2 se muestran las principales características de la MD-55-2 (Niroomand-Rad, 1998).

Intervalo de dosis útil	3-100 Gy
Número atómico efectivo	6.0-6.5
Tiempo de estabilización del color (post-radiación)	24 h
Efecto por dosis fraccionada	< 1%
Dependencia con la rapidez de dosis	10% a dosis > 60 Gy (en el intervalo de rapidez de dosis de 0.08 a 80 Gy/min)
Dependencia de la respuesta con la humedad	< 2%
Dependencia de la respuesta con la temperatura	Sí
Sensibilidad a la luz ultravioleta	Sí
Resolución espacial	>1200 líneas/mm
Uniformidad de la película	3%-5%

Tabla 2.2. Características de la Gafchromic MD-55-2.

Para determinar la dosis de radiación recibida por las películas, generalmente se utiliza un instrumento conocido como espectrofotómetro, que hace pasar a través de la película un haz de luz de una cierta longitud de onda, y mide la cantidad de esa luz que es transmitida por la película. Para determinar la respuesta de las películas, se define una cantidad conocida como densidad óptica, que es simplemente  $DO = \log_{10} (I_0 / I)$ , donde  $I_0$  es la intensidad de la luz que el espectrofotómetro hace incidir sobre la película, e  $I$  la intensidad de la luz después de atravesar la película. La respuesta de las películas se define simplemente como:

$$R = DO_i - DO_r \quad 2.1$$

donde  $DO_i$  es la densidad óptica de la película irradiada y  $DO_r$  la densidad óptica de la película sin irradiar (fondo), o de referencia.

Otra manera de determinar la respuesta de las películas es utilizando un escáner comercial asociado a una PC. El escáner funciona de una manera parecida al espectrofotómetro, pero en este caso se hace incidir luz blanca sobre las películas y un sistema óptico sofisticado se encarga de dirigir la luz transmitida o reflejada a través de la película a detectores CCD (charged couple device). En la pantalla de una PC a la que está conectado el escáner se puede visualizar la imagen de la película digitalizada, ya sea en tonos de gris o en algún código de color (por ejemplo RGB) (Alva, 2002). Mediante un software especial es posible elegir alguna región de la película para obtener el tono de gris o de algún color específico. En este caso, la respuesta de las películas se define como:

$$R = \log_{10} \left( \frac{C_r}{C} \right)$$

2.2

donde  $C_r$  es el tono de gris o de algún color específico de la película sin irradiar (fondo) o de referencia, y  $C$  el tono de gris o de color de la película irradiada. La ventaja de utilizar este método para determinar la respuesta de las PTR es que se puede obtener una distribución espacial de la dosis absorbida, con una alta resolución (dependiendo del escáner utilizado). Esto es importante sobre todo cuando se requiere conocer la distribución de dosis en zonas en las que el campo de radiación presenta un alto gradiente de dosis, como por ejemplo, en las cercanías de una fuente radiactiva.

En este trabajo se utilizaron películas comerciales Gafchromic MD-55-2, identificadas con número de lote 37350, y se leyeron utilizando un escáner comercial AGFA DuoScan T1200.

### 2.4.3. Cámaras de ionización

La cámara de ionización es un instrumento muy utilizado para realizar medidas de dosis de alta precisión, como las que se requieren en la calibración de equipos de radioterapia. Una cámara de ionización básicamente consiste en una cavidad llena de algún gas, generalmente aire, en el que la radiación incidente genera iones positivos y negativos, y la cantidad de iones generados es proporcional a la energía que la radiación depositó en la cavidad. El mecanismo de medición de la cantidad de radiación es el más sencillo en este tipo de dosímetros, pues simplemente mide la carga debida a los iones que la radiación ionizante produce en el gas. Los iones son colectados por dos electrodos que pueden estar arreglados en forma de placas paralelas o en forma cilíndrica y un filamento coaxial. Cuando se aplica una diferencia de potencial entre los dos electrodos, la medición de la radiación se reduce a medir la corriente que transportan los iones a los electrodos. El diseño básico de una cámara de ionización se muestra en la figura 2.11.

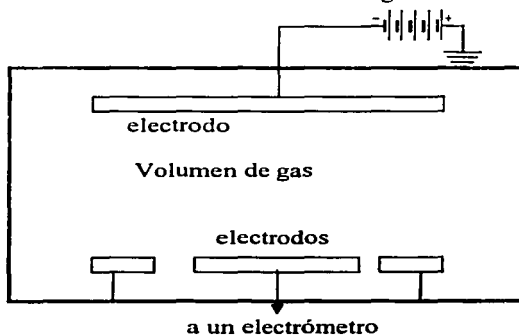


Fig. 2.11. Diagrama esquemático de una cámara de ionización.

La forma y disposición de los electrodos, así como la complejidad de la electrónica varían de acuerdo al tipo de cámara de ionización, y mientras mayor precisión y exactitud se requiera en las mediciones, más complejo será el diseño.

Uno de los tipos de cámaras que se utilizan para hacer medidas de dosis de alta precisión son las llamadas “cámaras de dedal” (thimble chamber). El volumen del gas sensible es muy pequeño (del orden de  $\text{mm}^3$ ), y la pared de la cámara debe ser de algún material equivalente a aire, es decir, que su número atómico efectivo sea muy parecido al del aire ( $Z_{\text{eq}} = 7.78$ ) además de que su densidad sea mucho mayor a la del aire, con el fin de asegurar que exista equilibrio electrónico. La figura 2.12 muestra el diseño básico de una cámara de dedal.

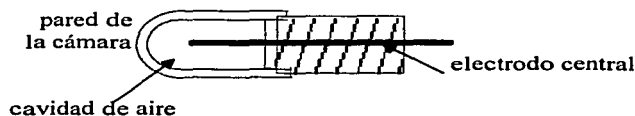


Fig. 2.12. Diagrama de una cámara de dedal.

La superficie interna de la pared de la cámara está recubierta con un material especial que la hace eléctricamente conductora, por lo que tiene la función de un electrodo. El otro electrodo es un filamento de algún material de número atómico bajo (como grafito o aluminio) sostenido en el centro de la cámara, pero aislado eléctricamente de ella. Para coleccionar los iones producidos en la cavidad de aire, se aplica un cierto voltaje entre los electrodos. Debido a que la carga coleccionada es muy pequeña, se requiere que los electrodos estén conectados a un electrómetro. Un electrómetro es simplemente un dispositivo con el que podemos medir la carga eléctrica de un objeto y amplificarla a partir de la diferencia de potencial producida entre el objeto cargado y alguna referencia. La mayoría de los electrómetros modernos son amplificadores operacionales de estado sólido, que pueden dar una lectura digital de la carga coleccionada en el volumen de aire de la cámara. La figura 2.13 muestra el circuito básico de un electrómetro de estado sólido.

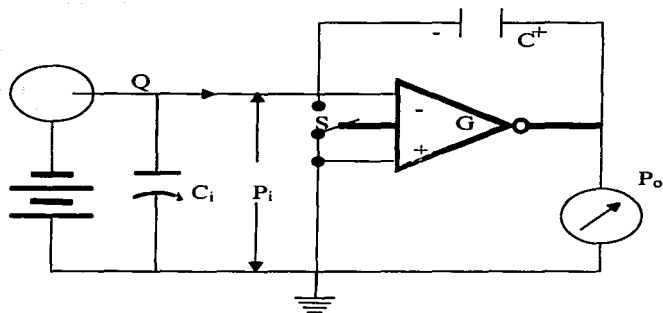


Figura 2.13. Diagrama de un electrómetro de estado sólido (amplificador operacional).

En este capítulo se han descrito los tratamientos a seguir dependiendo de la etapa en la que se encuentra el cáncer cérvico uterino, así como las principales características de los dosímetros y equipos que se utilizarán para medir la distribución de dosis en los tratamientos mencionados. En el siguiente capítulo se detalla el procedimiento experimental para obtener dichas medidas.

# CAPÍTULO 3

## MÉTODO EXPERIMENTAL

En este capítulo se describe el procedimiento experimental para obtener las distribuciones de dosis para tratamientos de cáncer cérvico uterino combinando braquiterapia de baja tasa de dosis y teleterapia con rayos X. Todas las medidas se llevaron a cabo en el Instituto Nacional de Cancerología.

### 3.1. Dosimetría

Para hacer la medición de la dosis tanto alrededor de la fuente sola como de la fuente dentro del aplicador, se utilizaron cristales termoluminiscentes TLD-100 (LiF:Mg, Ti)<sup>\*</sup> y películas de tinte radiocrómico Gafchromic MD-55-2<sup>†</sup>. Se utilizaron estos dos dosímetros de manera complementaria, pues en el caso de los TLD-100, podemos obtener medidas en un intervalo amplio de dosis con buena precisión, además de su equivalencia con el tejido y la independencia de su respuesta con la energía de la radiación (en el intervalo de energías que se utiliza en este trabajo). Sin embargo, debido a su tamaño no es un dosímetro adecuado para medir la dosis en distancias muy cercanas a la fuente (< 2 cm) debido a los altos gradientes de dosis producidos por las fuentes de braquiterapia. En este último caso las películas de tinte radiocrómico son el dosímetro más adecuado, debido a que pueden proporcionar medidas de dosis con una alta resolución espacial, además de que también pueden medir dosis relativamente altas (de 3 a 100 Gy). Por las razones mencionadas, en este trabajo se propone utilizar películas de tinte radiocrómico para medir dosis a distancias radiales menores que 2 cm de la fuente, y dosímetros termoluminiscentes para distancias mayores que 2 cm.

Ambos dosímetros son secundarios, lo que implica que requieren de una calibración radiológica previa a su uso.

---

<sup>\*</sup> Harshaw / Bicon Solon technologies Inc., 6801 Cochran Road, Solon OH 44139

<sup>†</sup> International Specialty Products, 1361 Alps Road, Wayne, NJ 07470

### 3.1.1. Cristales termoluminiscentes

Antes de utilizar los cristales termoluminiscentes para hacer medidas de dosis, es necesario llevar a cabo una caracterización de los mismos, es decir, estudiar la respuesta individual de cada cristal a una dosis determinada y compararla con la respuesta promedio de todos los demás cristales que serán utilizados. En este caso, se trabajó con 88 cristales, los cuales fueron irradiados tres veces cada uno a una misma dosis (0.5 Gy) con una fuente de  $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$ , en el laboratorio de dosimetría del Instituto de Física de la UNAM. Cabe recordar que antes de cada irradiación se siguió el proceso de horneado descrito en el capítulo anterior (sección 2.4.1.)

Los dosímetros fueron leídos en un equipo lector Harshaw modelo 3500, con las siguientes condiciones:

Tasa de calentamiento: 10 °C/s  
 Temperatura máxima: 400° C  
 Tiempo de calentamiento: 40 s

Los factores individuales de sensibilidad de cada cristal se obtuvieron aplicando el procedimiento descrito por Williams & Thwaites (1993). El primer paso es calcular el factor de sensibilidad individual ( $C_{ij}$ ) de cada cristal, que está dado por:

$$C_{ij} = \left( \sum_{j=1}^n R_{ij} \right) / nR_{ij} \dots \dots \dots (3.1)$$

donde  $R_{ij}$  denota la  $j$ -ésima lectura del  $i$ -ésimo dosímetro y  $n$  el número de dosímetros, que en este caso es 88. Así, el factor de sensibilidad promedio ( $C_i$ ) para cada uno de los dosímetros está dado por:

$$C_i = \sum_{j=1}^m C_{ij} / m \dots \dots \dots (3.2)$$

donde  $m$  es el número de veces que se irradiaron y leyeron los dosímetros, que en este caso, es 3. La desviación estándar (como porcentaje) para  $C_{ij}$  se calculó como:

$$S_i = \frac{C_i}{100} \left[ \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (C_{ij} / C_i)^2 \right]^{1/2} \dots \dots \dots (3.3)$$

La desviación estándar de cualquier dosímetro está dada por:

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



$$S = 100 \left( \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (C_i - C_y)^2 / n(m-1) \right)^{1/2} \dots\dots\dots (3.4)$$

y finalmente la desviación estándar para el lote de dosímetros se calcula mediante la expresión:

$$S_{lote} = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i - 1)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (3.5)$$

El factor de calibración promedio ( $C_i$ ) se multiplica por la respuesta promedio individual de los dosímetros, lo que permite minimizar las fluctuaciones con respecto al promedio general de respuesta, por lo que las medidas serán más confiables. El valor ideal del factor de calibración promedio  $C_i$  debería ser 1, es decir, que la respuesta promedio individual de todos los dosímetros es la misma, por lo que no es necesario aplicar un factor. Sin embargo, diferencias en sus propiedades físicas (tamaño, masa, etc.) hacen que la respuesta de cada dosímetro sea diferente, por lo que el factor  $C_i$  no es 1, pero su valor debe ser cercano o parecido. Un valor muy diferente de 1 para  $C_i$  implica que ese dosímetro presenta un comportamiento distinto al de los demás dosímetros del lote, por lo que este es poco confiable.

La desviación estándar utilizada para cada dosímetro es S (ecuación 4).

Una vez obtenidos los factores de sensibilidad individual se procedió a calibrar los dosímetros. Para ello se utilizó la fuente calibrada de  $^{60}\text{Co}$  del Gammacell del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) de la UNAM. Los dosímetros fueron rodeados de 0.6 cm de lucita a cada lado para garantizar condiciones de equilibrio de partícula cargada. La calibración se llevó a cabo cubriendo un intervalo de dosis de 0 a 26 Gy, y la irradiación de los dosímetros se hizo el día 8 de marzo de 2002, a una tasa de dosis de 0.87 Gy / min.

### 3.1.2. Películas de tinte radiocrómico

La calibración de las películas también se llevó a cabo en el irradiador Gammacell del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM, el día 8 de octubre de 2001, cubriendo un intervalo de dosis de 0 a 95 Gy. Para determinar su respuesta, las películas fueron digitalizadas en un escáner comercial de transmisión Agfa DuoScan T1200, con una resolución de 600 puntos por pulgada (ppp) en modo de color obteniendo tres componentes por separado (rojo, verde y azul) y utilizando 36 bits por píxel (12 bits por cada componente de color).

Debido a que las películas son digitalizadas en color, es posible separar la información contenida en la imagen en tres componentes (rojo, verde, y azul) y por lo tanto se obtiene una curva de calibración para cada componente, lo que permite ampliar el intervalo de dosis en que la respuesta de las películas es confiable (Alva, 2002).

Después de que las películas han sido irradiadas, y debido a que su respuesta cambia con el tiempo (especialmente durante las primeras 24 horas), es necesario esperar 48 horas para digitalizarlas, tal como lo establece el protocolo TG-55 para dosimetría con películas radiocrómicas (AAPM 1998). Posteriormente, el análisis de las PTR se lleva a cabo con programas en Matlab, desarrollados por el Dr. Arnulfo Martínez Dávalos. Dicho programa permite obtener la respuesta de la película digitalizada en cada píxel.

### 3.2. Medidas de distribución de dosis alrededor de la fuente de $^{137}\text{Cs}$

Para obtener la distribución de dosis alrededor de la fuente de  $^{137}\text{Cs}$ , se utilizó un maniquí de lucita (polimetil metacrilato) para simular una pelvis femenina promedio. Este maniquí está formado por discos de igual diámetro (29 cm) y dos espesores diferentes (0.43 y 2.3 cm), de modo que al apilarlos se forma un cilindro de aproximadamente 30 cm de altura.

La figura 3.1 muestra un esquema del maniquí.

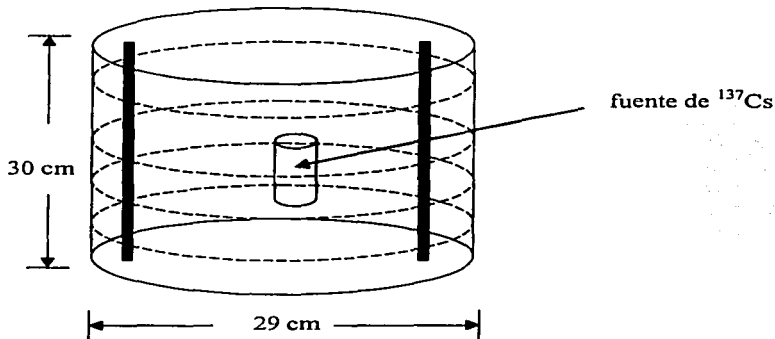


Figura 3.1. Maniquí utilizado para medir la dosis alrededor de la fuente de  $^{137}\text{Cs}$ , la cual se coloca en el centro de éste.

Cada disco tiene en su superficie nichos localizados a 2, 3, 5, 7, 9 y 11 cm radialmente, en los cuales se colocan dosímetros termoluminiscentes. Los discos más delgados (0.43 cm de espesor) tienen también una perforación central de 0.31 cm de diámetro, de modo que al ser apilados se forma una cavidad cilíndrica con las dimensiones adecuadas para colocar la fuente de  $^{137}\text{Cs}$ . Alrededor de esta cavidad cilíndrica se colocaron tiras de PTR. La figura 3.2 muestra una vista superior de una de las placas en la que pueden apreciarse las perforaciones para los DTL. Las perforaciones indican las posiciones en las que se colocaron los DTL, y el recuadro indica la posición en la que se colocaron las películas.

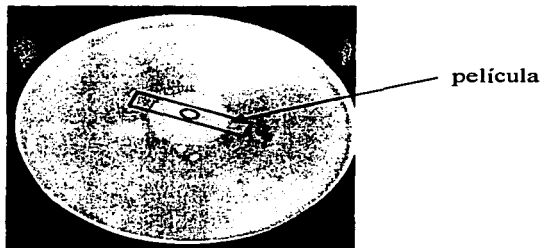


Figura 3.2. Vista superior de las placas de acrílico que forman el maniquí.

Como ya se mencionó, para medir la dosis a distancias radiales menores que 2 cm de la fuente se utilizaron tiras de películas de tinte radiocrómico Gafchromic MD-55-2. Las películas median aproximadamente 1 cm de ancho por 11 cm de largo, con una perforación de 0.31 cm de diámetro en el centro para permitir colocar la fuente de  $^{137}\text{Cs}$ , como se muestra en la figura 3.3.



Figura 3.3. Película Gafchromic MD-55-2 utilizada para medir la dosis a distancias cercanas a la fuente sola.

Una vez colocados los cristales termoluminiscentes y las películas de tinte radiocrómico en las placas correspondientes, éstas se apilaron como se muestra en la figura 3.1, y se colocó la fuente de  $^{137}\text{Cs}$  marca 3M de 15.93 mgRaEq al 18 de marzo de 2002, equivalente a una intensidad de kerma en aire de  $S_k = 115.127 \text{ U}$ . Posteriormente se cubrió el maniquí con una bolsa de plástico negro con el fin de evitar que la luz natural afectara la respuesta tanto de las películas como de los cristales. La irradiación con la fuente de  $^{137}\text{Cs}$  duró 58 horas, tiempo suficiente para que la dosis que recibieron las películas estuviera dentro del intervalo de sensibilidad de éstas.

La figura 3.4 muestra de manera esquemática la posición de los cristales termoluminiscentes y las películas en el maniquí. El valor de Z corresponde a la posición de los dosímetros en la superficie de cada placa, sobre el eje longitudinal de la fuente y con respecto al centro geométrico de ésta.

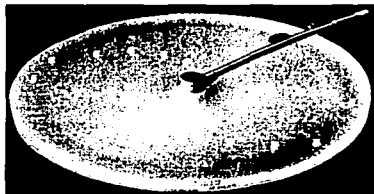
Placa	PTR Z (cm)	DTL Z (cm)
1		
2		
3		
4		
5	-3.48	-3.43
6	-1.18	-1.13
1'	-0.76	-0.71
2'	-0.34	-0.29
3'	0.08	0.13
4'	0.50	0.55
5'	0.92	0.97
7	3.22	3.27
8		
9		
10		
11		
12		

Figura 3.4. Posición de los DTL y las PTR en las placas de lucita, con respecto al centro geométrico de la fuente. Diagrama para el experimento con la fuente sola.

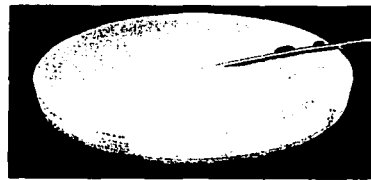
Es importante mencionar que por cuestiones de seguridad radiológica, la irradiación se llevo a cabo dentro de la sala de un equipo de teleterapia del Instituto Nacional de Cancerología, sobre una mesa y cuidando que el maniquí estuviera lo suficientemente alejado del piso y las paredes para reducir al máximo las contribuciones de la radiación dispersada por estas estructuras.

### 3.3. Medidas de distribución de dosis alrededor de la fuente dentro del aplicador (colpostato)

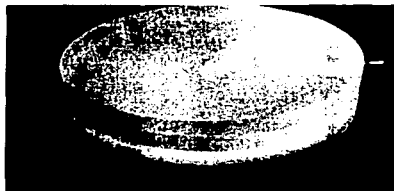
Para obtener la distribución de dosis para la fuente dentro del colpostato se utilizaron también cristales termoluminiscentes y películas de tinte radiocrómico MD-55-2. En este caso, también se utilizó un maniquí formado por discos de lucita de 29 cm de diámetro con perforaciones localizadas en su superficie, pero con espesores diferentes (8 placas de 0.43 y 2 placas de 2.3 cm). Las placas de 0.43 cm de espesor cubrían todo el ovoide, mientras que las placas mas gruesas cubrían el brazo del colpostato. La figura 3.5 muestra el maniquí utilizado.



a)



b)



c)

Figura 3.5. Fotos mostrando el maniquí conforme se iba armando para el experimento.

Las perforaciones para colocar los cristales estaban distribuidas de tal manera que la mitad de los cristales cubría la parte del ovoide en la que no hay blindaje para recto y vejiga, y la otra mitad cubría la parte con blindaje. La figura 3.6 muestra una vista esquemática de la posición de las perforaciones.

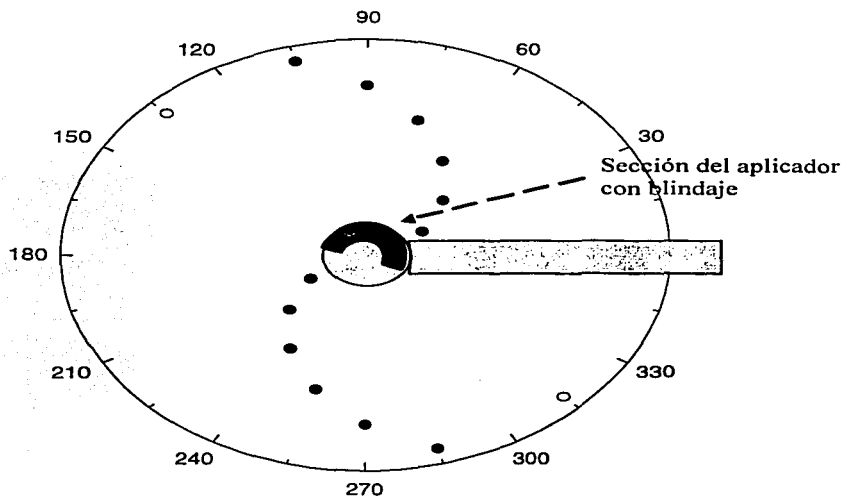


Fig. 3.6. Vista esquemática de las posiciones de las perforaciones para colocar cristales termoluminiscentes.

Las películas fueron cortadas en cuadrados de  $6 \times 6 \text{ cm}^2$ , y colocadas entre un marco de acetato, con el fin de evitar que éstas se maltrataran al apilar las placas de lucita. La figura 3.7 muestra la manera en que las películas fueron cortadas y enmarcadas.

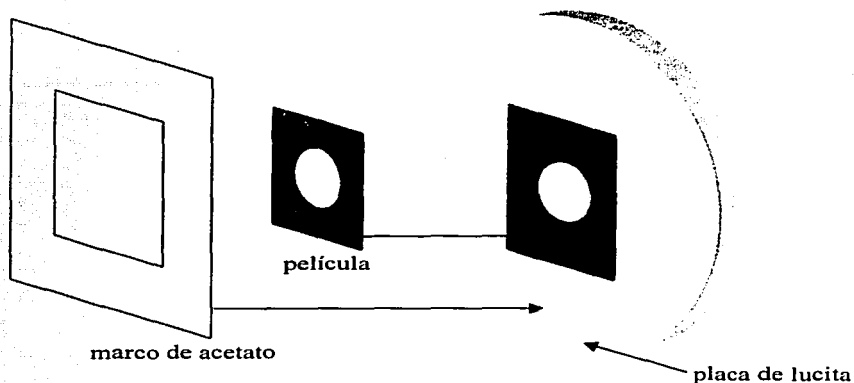


Fig. 3.7. Colocación de las películas y el marco de acetato en la superficie de las placas de lucita.

En este caso se utilizaron cuatro películas de  $6 \times 6 \text{ cm}^2$ , de modo que dos de ellas se encontraban a la altura de los blindajes del ovoide, otra por debajo de la base y la otra por encima de la tapa superior de éste. La fuente utilizada fue marca 3M de  $15.93 \text{ mgRaEq}$  (al 18 de marzo de 2002), equivalentes a una intensidad de kerma en aire de  $S_k = 115.127 \text{ U}$ , o a una actividad aparente de  $40 \text{ mCi}$ .

Después de que fueron colocados las películas y los cristales termoluminiscentes, se apilaron los discos y se introdujo la fuente en el aplicador. Las condiciones de irradiación fueron las mismas que en el caso de la fuente sola, solo que el tiempo de irradiación fue de 59 horas. En este caso el maniquí también se cubrió con una bolsa de plástico negro. La figura 3.8 muestra la posición de los DTL y las PTR en las placas del maniquí (equivalente al diagrama de la figura 3.1 pero para el colpostato). El valor de Z corresponde también a la distancia sobre el eje longitudinal de la fuente, respecto del centro geométrico de ésta.

El maniquí se armó de manera tal que se cumplieran las mismas condiciones de dispersión que en el caso de la fuente sola, es decir, un cilindro de  $29 \text{ cm}$  de diámetro y  $30$  de altura.

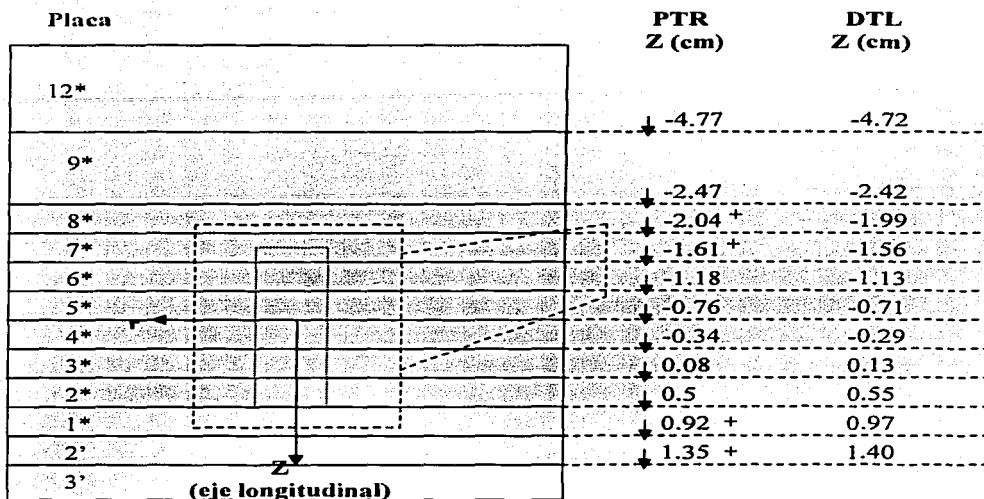


Figura 3.8. Posición de los DTL y las PTR (\*) en el maniquí, con respecto al centro geométrico de la fuente.

### 3.4. Distribución de dosis para el tratamiento con teleterapia (rayos X)

Como se mencionó en la sección 2.2, la irradiación con teleterapia puede prescribirse en el tratamiento del cáncer cérvico uterino utilizando dos modalidades: irradiación a pelvis total (campo abierto) o bien utilizando la técnica parametrial.

Para obtener la distribución de la dosis para el tratamiento con teleterapia (en ambos casos) se utilizó una cámara de ionización con una calibración trazable a un laboratorio nacional tipo "pin point chamber" marca Freiburg PTW modelo 31006, con un volumen sensible de 0.015 cm<sup>3</sup>, y un electrómetro asociado marca PTW Freiburg modelo UNIDOS.

La irradiación se llevó a cabo en el equipo de teleterapia CLINAC 600 del Instituto Nacional de Cancerología, con el que se obtiene un haz de rayos X de 6 MeV de energía máxima, a una tasa de dosis de 400 cGy/min en  $d_{max}$  (a 1.5 cm de la superficie del agua, y



una distancia de 100 cm entre ésta y la fuente de radiación) para un campo de  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ . El maniquí utilizado en este caso fue el utilizado para la calibración y las pruebas de control de calidad del mismo equipo, y que básicamente consiste en un cubo de paredes de acrílico de aproximadamente  $50 \times 50 \times 50 \text{ cm}^3$  que es llenado con agua destilada por medio de un sistema de bombeo. Dentro del maniquí se encuentra un sistema de rieles de metal que son perpendiculares entre sí, sobre los cuales se monta la cámara de ionización y que se deslizan de manera que la cámara pueda barrer casi todo el volumen del maniquí con una precisión de hasta  $\pm 0.1 \text{ mm}$ . El sistema de barrido de la cámara es automático, de modo que el movimiento de ésta puede controlarse desde una computadora que se encuentra fuera del cuarto de tratamiento.

Para asegurar que la superficie del agua en el maniquí esté bien nivelada, las paredes de acrílico cuentan con marcas que permiten verificar lo anterior, además de que la base cuenta con un sistema de nivelación por medio de tornillos ajustables, como se muestra en la figura 3.9.

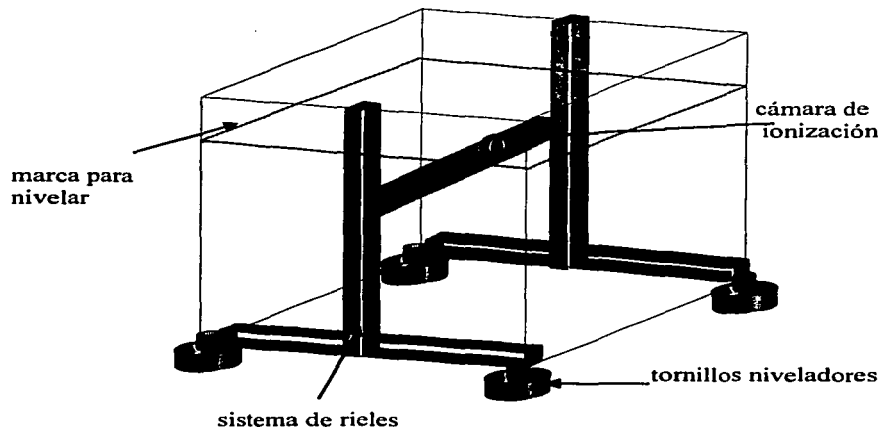


Fig. 3.9. Esquema del maniquí utilizado para las medidas con la cámara de ionización.

El equipo de teleterapia también cuenta con un sistema que permite verificar con buena precisión la posición del paciente, o en este caso del maniquí, con respecto al campo de rayos X. Dicho sistema consiste en un conjunto de tres rayos láser perpendiculares entre sí, cuya intersección coincide con el isocentro del Gantry.

### 3.4.1. Medición de la distribución de dosis para el campo abierto

Se midió la distribución de dosis para un campo abierto de  $20 \times 17 \text{ cm}^2$  (tamaño típico para la irradiación a pelvis total), colocando el maniquí de manera que la distancia entre la superficie del agua y la fuente de radiación (en este caso el blanco de rayos X) fuera de 95 cm. Se tomaron medidas a seis profundidades diferentes: 1.5, 5, 10, 15, 20 y 25 cm de la superficie, en pasos de 0.5 cm a lo largo de planos paralelos al lado mayor del campo (20 cm) y perpendiculares a la superficie. Los planos se localizaron a -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6 y 8 cm del eje central paralelo al lado mayor del campo. La figura 3.10 muestra los planos en los que se obtuvieron los perfiles de dosis a las diferentes profundidades.

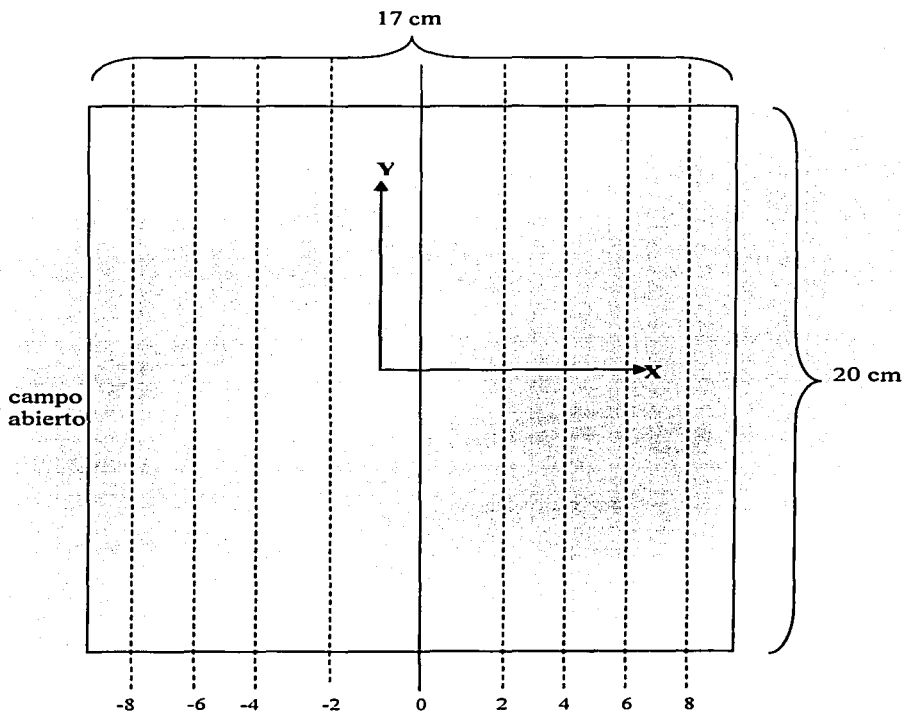
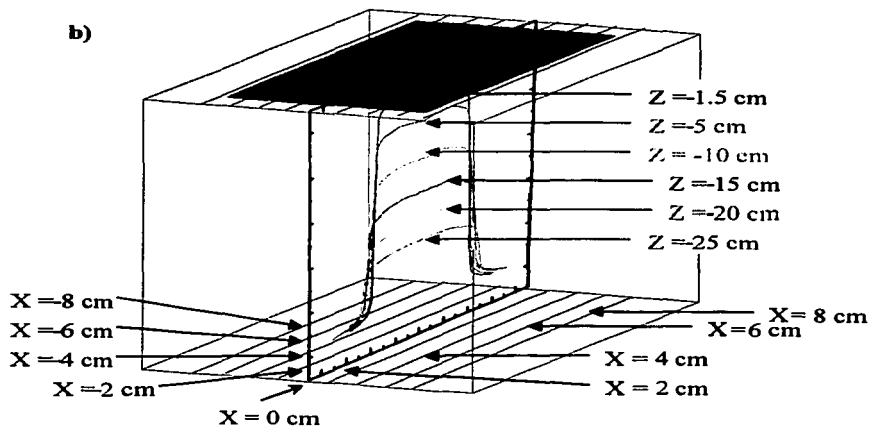
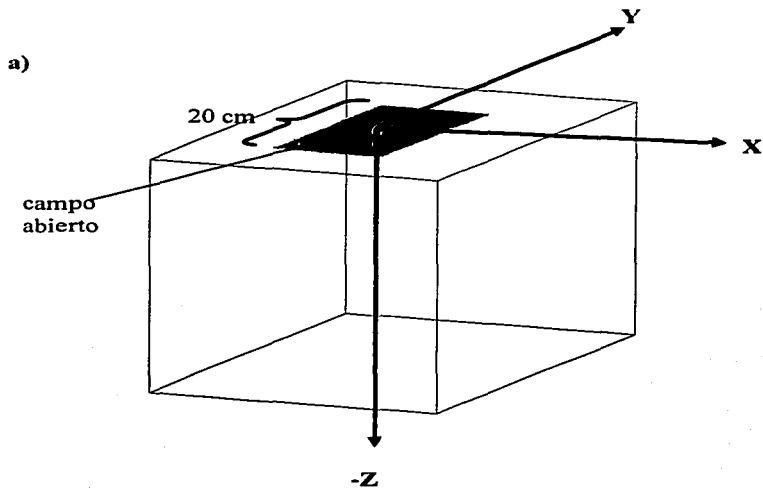


Fig. 3.10. Vista superior del campo abierto y los planos en los que se tomaron los perfiles de dosis a seis diferentes profundidades.

Observando el sistema de coordenadas que se muestra en las figuras 3.11 a), b) y c), es más sencillo entender la manera en que se obtuvieron los perfiles de dosis.



c)

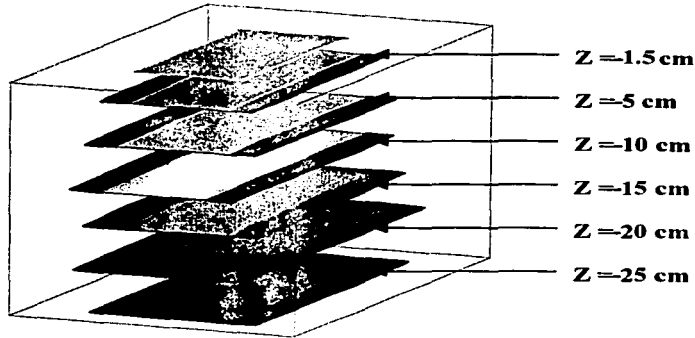


Fig. 3.11 a) Sistema de coordenadas utilizado para medir las distribuciones de dosis en teleterapia., b) posición de los planos y de los perfiles de dosis tomados en dichos planos y c) proyección de los perfiles de dosis sobre planos paralelos al eje YX.

Tomando en cuenta que el origen del sistema de coordenadas está en el centro geométrico del campo proyectado en la superficie (Fig. 3.11 a), puede decirse que los perfiles de dosis fueron medidos en planos paralelos al plano YZ, en  $X = -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6$  y  $8$  cm (Fig. 3.11 b). Para cada plano se tomaron los perfiles a seis profundidades diferentes, que corresponderían a líneas paralelas al eje Y que pasan por  $Z = -1.5, -5, -10, -15, -20$  y  $-25$  cm (Fig. 3.11 c). Como se mencionó anteriormente, la cámara tomó medidas cada  $0.5$  cm a lo largo del eje Y.

La cámara se conecta a un electrómetro, y éste a una computadora personal, que utilizando un programa llamado MEPHYSTO despliega en el monitor los perfiles de dosis como función de la distancia para cada plano y para todas las profundidades. Dicho programa también permite obtener todas las medidas obtenidas en código ASCII, por lo que toda la información obtenida puede almacenarse en discos magnéticos (disquetes) y analizarse en otra computadora. Es importante mencionar que debido a que el programa automáticamente normaliza los valores de porcentaje de dosis en profundidad en cada plano al valor máximo en dicho plano, es necesario medir también un perfil de dosis en profundidad en el eje central del campo que es paralelo al eje X, con el fin de obtener los factores de corrección que permitan establecer los valores de porcentaje de dosis con respecto al máximo valor global, y no al máximo valor relativo en cada plano.

### 3.4.2. Medición de la distribución de dosis para el campo parametrial

Como se mencionó en el capítulo 2, la técnica de campo parametrial consiste en bloquear la porción del campo que irradiaría al útero, la vagina, el recto y los puntos A. En este caso, se utilizó el campo abierto de  $20 \times 17 \text{ cm}^2$ , y se colocó una protección de Cerrobend para bloquear el campo. Cabe mencionar que la protección se coloca en la charola para accesorios que está montada directamente en el Gantry, aproximadamente a 40 cm del blanco de rayos X.

La protección utilizada medía 10 cm de largo, 4 cm de ancho y 7 cm de espesor. La figura 3.12 muestra la forma del campo después de colocar la protección.

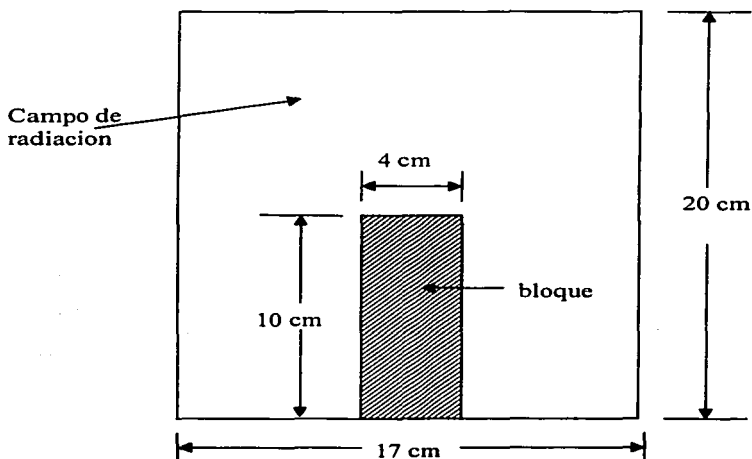


Figura 3.12. Forma del campo parametrial.

Los perfiles de dosis para este campo, tomando como referencia el mismo sistema de coordenadas que en el campo abierto, fueron tomados en planos paralelos al plano YZ y que pasan por  $X = -8, -6, -4, -2, -1.8, -1.6, -1.2, -1, -0.8, -0.6, -0.4, -0.2, 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.4, 2, 4, 6$  y 8 cm. En este caso se tomaron medidas en planos más cercanos entre sí en la zona de la protección, con el fin de tener mayor precisión. Al igual que en el campo abierto, las medidas se tomaron cada 0.5 cm a lo largo del eje Y. De la misma manera también se tomaron los perfiles a seis profundidades y se tomó un perfil a lo largo del eje central paralelo al eje X.

### 3.5. Simulación Monte Carlo

Aunque el objetivo de este trabajo no incluye el desarrollo de la simulación Monte Carlo, se describirá de manera muy breve cómo se realizó esta simulación. Parte de las medidas obtenidas en este trabajo serán comparadas con resultados Monte Carlo reportados previamente.

Para los cálculos de tasa de dosis por unidad de intensidad de kerma en aire utilizando la simulación Monte Carlo, se utilizó el código Electron Gamma Shower (EGS) (W. R. Nelson, 1985). Para las medidas con la fuente sola, se simuló la geometría de la fuente de  $^{137}\text{Cs}$  modelo 3M, como se muestra en el capítulo 1, figura 1.9. Se consideró a la fuente en el centro de una estructura cilíndrica de agua de 30 cm de diámetro y 30 cm de altura (es decir, las mismas dimensiones que las del maniquí utilizado en las medidas experimentales), de modo que los ejes longitudinales de la fuente y del cilindro fueran paralelos. Se tomaron en cuenta las interacciones fotoeléctricas, así como dispersión de Rayleigh y Compton para 80 millones de fotones generados en la simulación. Se siguió la trayectoria de cada uno de los fotones y electrones generados dentro del cilindro de agua y la fuente, hasta que éstos fueran absorbidos, escaparan del sistema o alcanzaran la energía de corte (10 keV para fotones y 50 keV para electrones).

En el caso de la simulación para la fuente dentro del aplicador, se simularon las mismas condiciones que en el caso anterior, sólo que ahora se tomó en cuenta la geometría y diferentes estructuras dentro del aplicador (figura 2.7, capítulo 2). También se consideró a la fuente en el centro del cilindro de agua de 30 cm de diámetro y 30 cm de altura.

Hasta aquí se ha descrito la manera en que se hicieron las medidas para obtener la distribución de la dosis tanto para el tratamiento con braquiterapia como para el de teleterapia. En el siguiente capítulo se muestran los resultados de todas las medidas obtenidas, así como la comparación de algunas de estas medidas y resultados obtenidos de la simulación Monte Carlo.

# CAPÍTULO 4

## RESULTADOS

### 4.1. Caracterización de los dosímetros

#### 4.1.1 Cristales termoluminiscentes

La figura 4.1 muestra la señal termoluminiscente promedio para cada uno de los cristales que fueron caracterizados como se detalla en el capítulo anterior (3.1.1). Se muestra la señal termoluminiscente después de ser irradiados a una dosis constante de 50 cGy con  $^{90}\text{Sr}$  /  $^{90}\text{Y}$  (2 min 25 s de irradiación), antes y después de aplicar el factor individual de sensibilización. La tabla 4.1 muestra los valores del factor individual de sensibilización para cada uno de los cristales utilizados. La desviación estándar  $S_{\text{lote}}$  asociada fue de 4.7%.

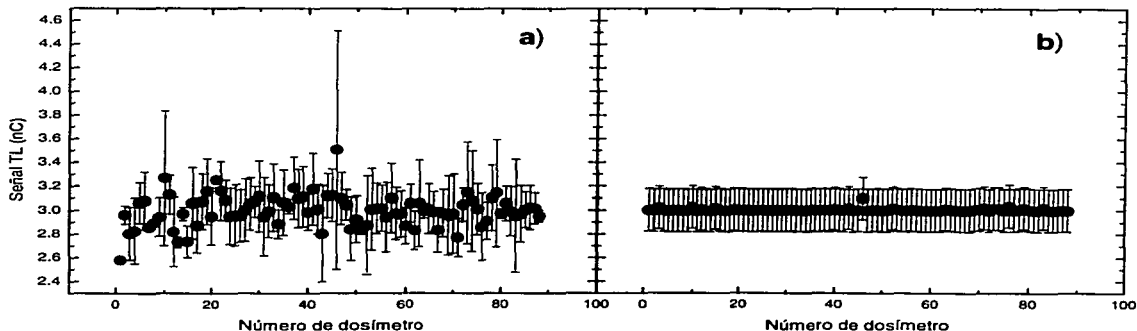


Figura 4.1. Señal TL para cada uno de los dosímetros utilizados: a) Antes de aplicar el factor de sensibilización, b) después de aplicar el factor de sensibilización.

<b>Cristal</b>	<b>Factor de sensibilización (C<sub>i</sub>)</b>	<b>Cristal</b>	<b>Factor de sensibilización (C<sub>i</sub>)</b>
1	1.178	45	0.971
2	1.024	46	0.894
3	1.090	47	0.978
4	1.074	48	0.996
5	0.990	49	1.068
6	0.985	50	1.037
7	1.061	51	1.065
8	1.048	52	1.061
9	1.029	53	1.010
10	0.936	54	1.006
11	0.968	55	1.005
12	1.079	56	1.032
13	1.111	57	0.978
14	1.020	58	1.019
15	1.116	59	1.021
16	0.993	60	1.056
17	1.056	61	0.993
18	0.987	62	1.071
19	0.963	63	0.996
20	1.029	64	1.014
21	0.933	65	1.008
22	0.959	66	1.016
23	0.982	67	1.071
24	1.028	68	1.020
25	1.025	69	1.029
26	1.027	70	1.023
27	1.012	71	1.102
28	0.993	72	0.995
29	0.988	73	0.968
30	0.974	74	0.990
31	1.032	75	1.007
32	1.013	76	1.072
33	0.976	77	1.042
34	1.050	78	0.979
35	0.991	79	0.970
36	1.000	80	1.022
37	0.952	81	0.993
38	0.979	82	1.014
39	0.974	83	1.035
40	1.019	84	1.022
41	0.955	85	1.008
42	1.008	86	1.002
43	1.089	87	1.004
44	0.971	88	1.026

Tabla 4.1. Valores del factor individual de sensibilización C<sub>i</sub> para cada cristal utilizado.



Como se mencionó en el capítulo anterior, la calibración de los dosímetros termoluminiscentes se llevó a cabo cubriendo un intervalo de dosis de 0 a 26 Gy. La figura 4.2 muestra la dosis como función de la señal TL para los cristales utilizados en la calibración radiológica de todo el lote de cristales utilizados. También se muestra el polinomio mejor ajustado a los valores obtenidos, que es la ecuación utilizada posteriormente para determinar la dosis recibida por los DTL. Los datos en la gráfica fueron obtenidos promediando las medidas de dos dosímetros utilizados por cada valor de dosis. En el Apéndice 1 se muestran los datos obtenidos de esta calibración. Es importante señalar que la señal TL presenta un comportamiento lineal para dosis menores a 5 Gy, siendo supralineal para dosis mayores. Al utilizar un polinomio de orden 3 (en este caso), se toma en cuenta esta respuesta supralineal.

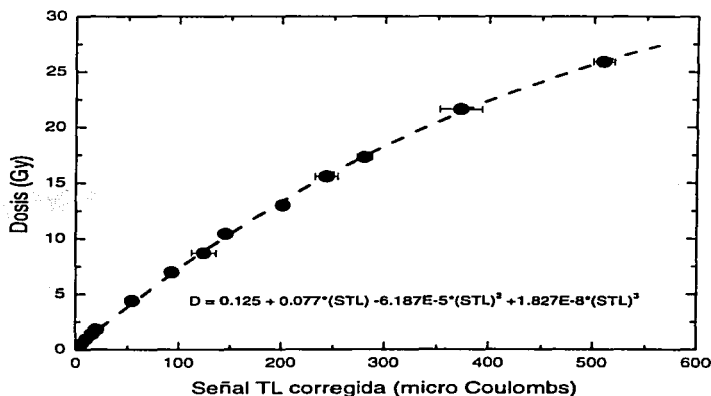


Figura 4.2. Calibración radiológica de los TLD-100. También se muestra el polinomio ajustado a los puntos en la gráfica, donde D es el valor de la dosis y STL el valor de la señal termoluminiscente.

#### 4.1.2. Películas de tinte radiocrómico.

Para las películas de tinte radiocrómico se llevó a cabo una calibración en un intervalo de dosis de 0 a 95 Gy. Las figuras 4.3 a 4.5 muestran la dosis como función de la respuesta de las películas, que este caso se define como  $R = \log_{10} (C_r / C)$  (ecuación 2.2), donde  $C_r$  es el tono de color de la película sin irradiar o de fondo y C el tono de color de la película irradiada, para la componente roja, verde y azul, respectivamente. También se muestra el polinomio ajustado a cada conjunto de puntos experimentales. En el Apéndice 1 se muestran tablas con los datos graficados.

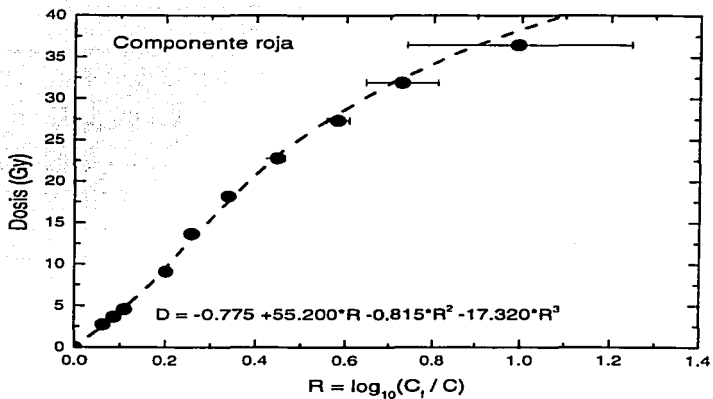


Figura 4.3. Calibración de la película MD-55-2 para la componente roja.

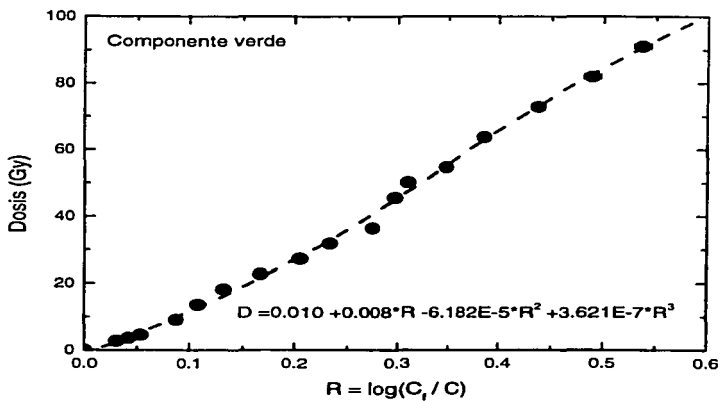


Figura 4.4. Calibración de la película MD-55-2 para la componente verde.

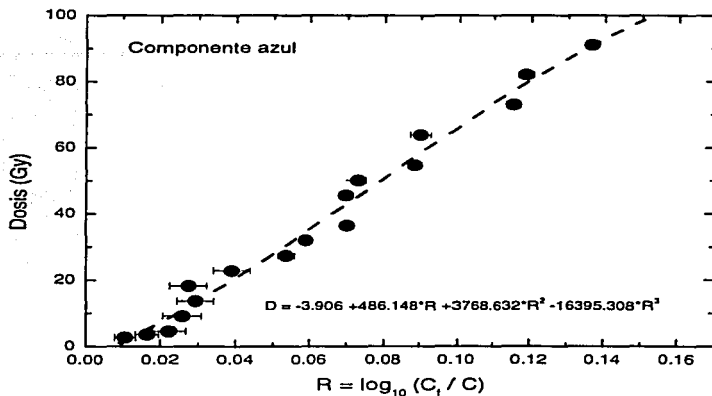


Figura 4.5. Calibración de la película MD-55-2 para la componente azul.

## 4.2. Medidas de distribución de dosis

### 4.2.1. Braquiterapia

#### *- Distribución de dosis alrededor de la fuente sola*

La figura 4.6 muestra la comparación entre las medidas de distribución de tasa de dosis en agua por unidad de intensidad de kerma en aire como función de la distancia radial en lucita para la fuente 3M obtenidas con los cristales termoluminiscentes, para diferentes alturas de las placas. En la figura 4.6 también se muestran los resultados de la simulación Monte Carlo para la misma fuente 3M. El valor de la distancia para la simulación Monte Carlo, que considera un cilindro de agua (sección 3.5), se multiplicó por 1.0867 (Ávila, 2001) para convertirlo a distancia en lucita, y así poder comparar con las medidas experimentales. Las medidas mostradas en cada gráfica corresponden al promedio de las medidas obtenidas con dos cristales colocados a la misma distancia radial de la fuente, sobre una misma placa. El valor de Z que se muestra en cada gráfica corresponde a la posición en centímetros, sobre un eje paralelo al eje longitudinal de la fuente, del centro geométrico de los cristales, con respecto al centro geométrico de la fuente (tomando en cuenta el encapsulado).

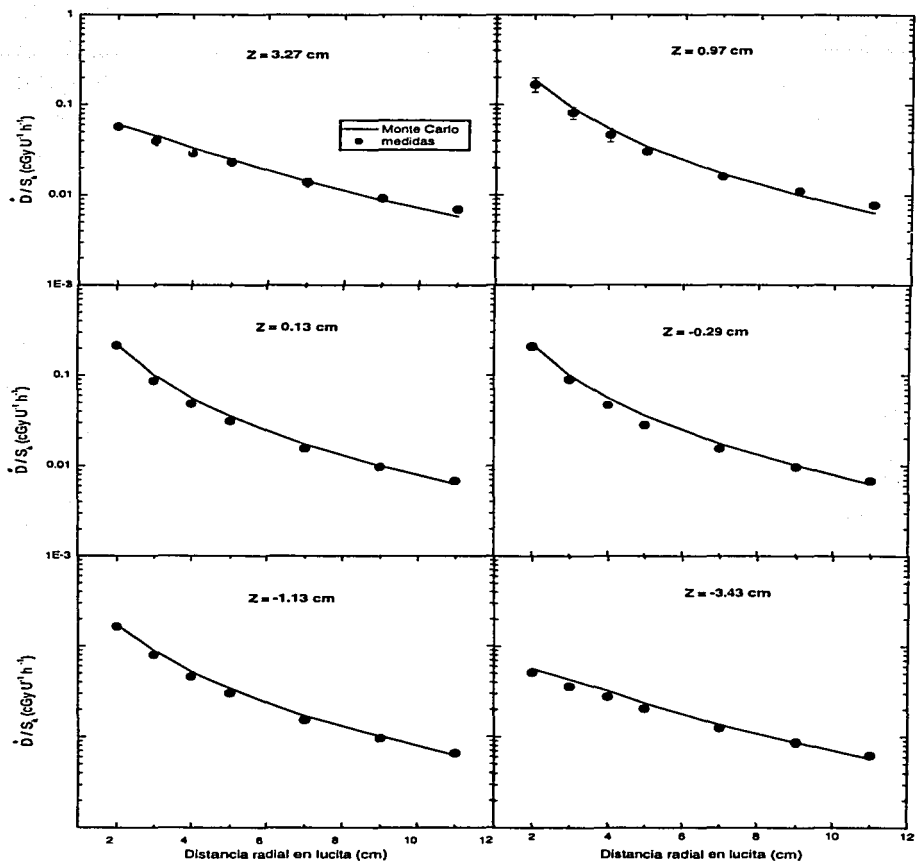


Figura 4.6. Tasa de dosis por unidad de intensidad de kerma en aire como función de la distancia radial (en lucita) a la fuente 3M, para las medidas obtenidas con DTL, a diferentes alturas  $Z$  con respecto al centro geométrico de la fuente. También se muestran cálculos Monte Carlo para la misma fuente.

La figura 4.7 muestra la comparación entre las medidas de distribución de tasa de dosis por unidad de intensidad de kerma en aire para la fuente sola, obtenidas con las películas tomando la componente roja, y la simulación Monte Carlo. El valor de Z corresponde a la altura a la que se encuentran las películas con respecto al centro geométrico de la fuente (ver figura 3.4).

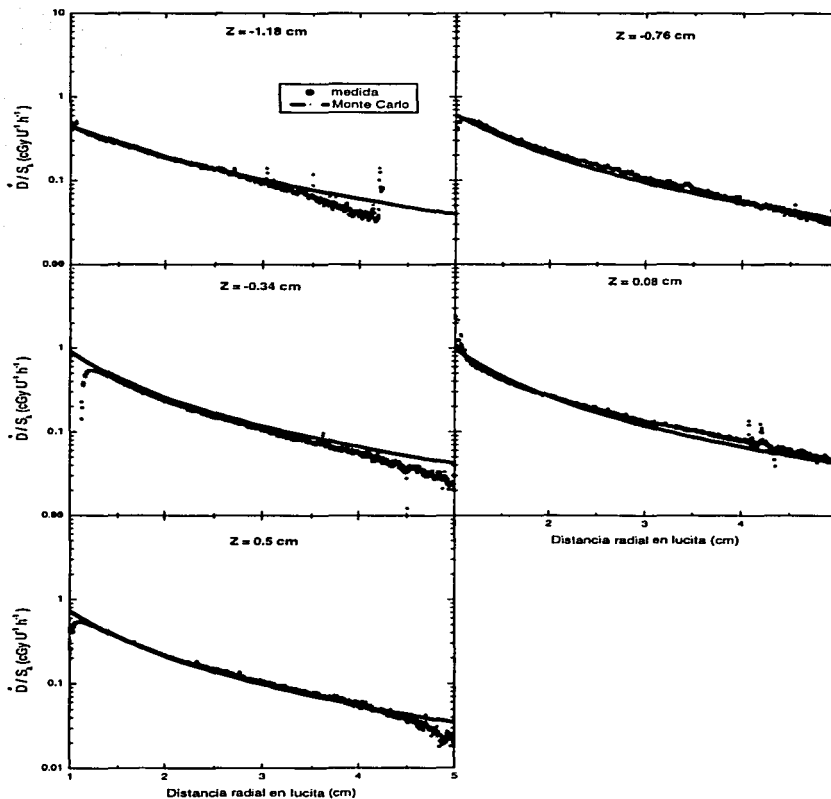


Figura 4.7. Tasa de dosis por unidad de intensidad de kerma en aire como función de la distancia radial (en lucita) a la fuente 3M para las medidas obtenidas con película y con Monte Carlo, a diferentes alturas respecto del centro geométrico de la fuente.

**- Distribución de dosis para la fuente dentro del colpostato Amersham ASN 8231**

Las figuras 4.8 y 4.9 muestran las medidas de distribución de dosis para la fuente dentro del colpostato, obtenidas con los dosímetros termoluminiscentes. El valor de Z corresponde a la distancia de cada placa con respecto al centro geométrico de la fuente, a lo largo del eje longitudinal de ésta. De los grupos de datos mostrados, uno corresponde a la zona del colpostato donde está el blindaje, y el otro a la zona sin blindaje (ver figura 3.5).

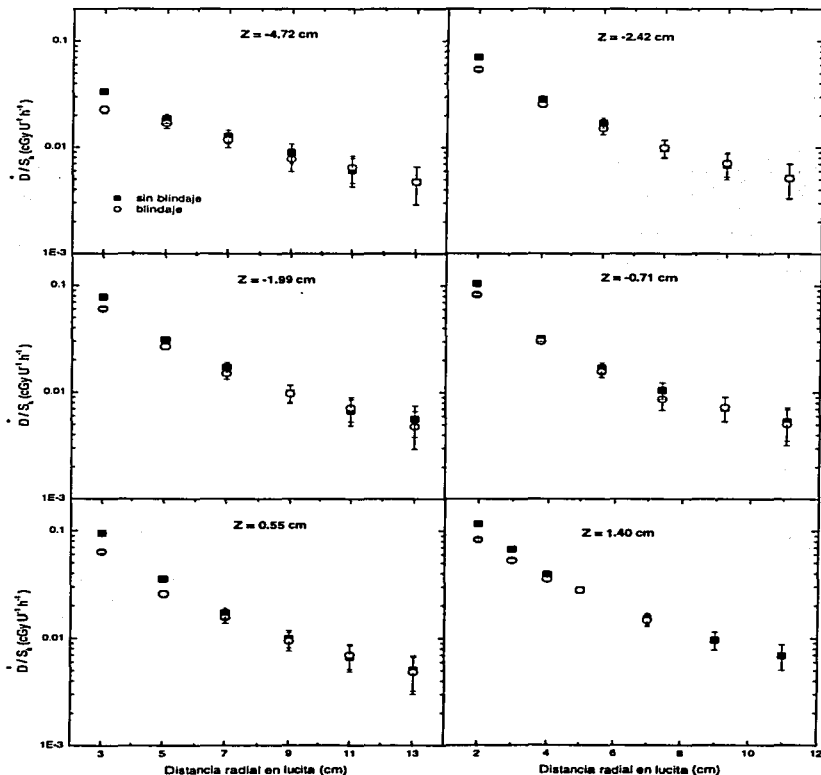


Figura 4.8. Distribución de dosis para la fuente dentro del colpostato, medida con dosímetros termoluminiscentes, después de una irradiación de 59 horas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

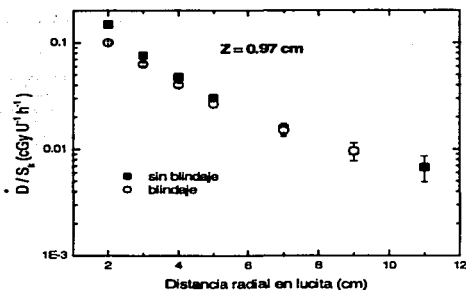


Figura 4.9. Distribución de dosis para la fuente dentro del colpostato, medida con DTL.

La figura 4.10 muestra la tasa de dosis por unidad de intensidad de kerma en aire como función de la distancia radial en lucita para la fuente dentro del colpostato, medida con dosímetros termoluminiscentes y con películas.

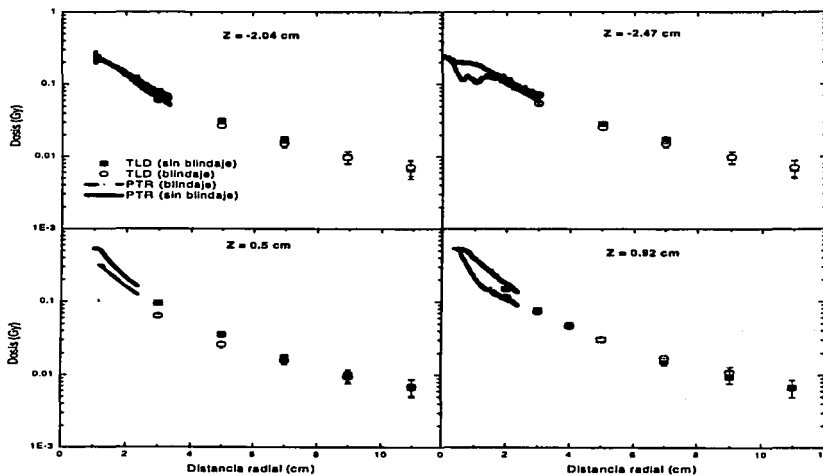


Figura 4.10. Distribución de dosis para la fuente dentro del colpostato, medida con DTL y películas, después de una irradiación de 59 horas.

La figura 4.11 muestra la distribución bidimensional de la tasa de dosis por unidad de intensidad de kerma en aire para las películas de tinte radiocrómico. El valor de Z corresponde, como en el caso anterior, a la distancia de cada película con respecto al centro geométrico de la fuente (ver figura 3.8).

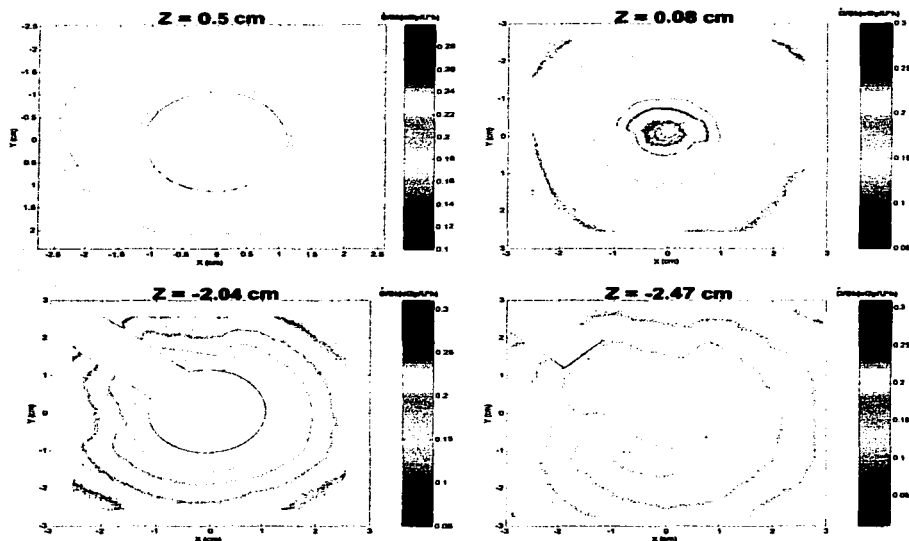


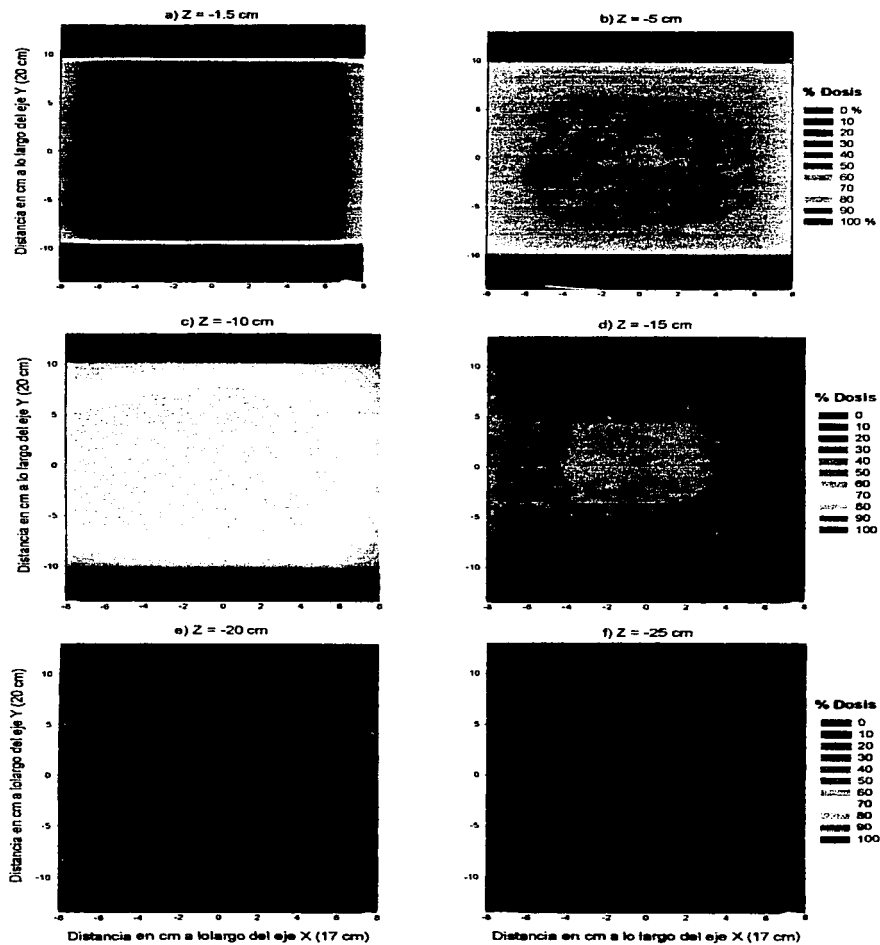
Figura 4.11. Distribuciones bidimensionales de la tasa de dosis por unidad de intensidad de kerma en aire, para las películas de tinte radiocrómico a diferentes distancias a lo largo del eje longitudinal de la fuente.

#### 4.2.2. Teleterapia

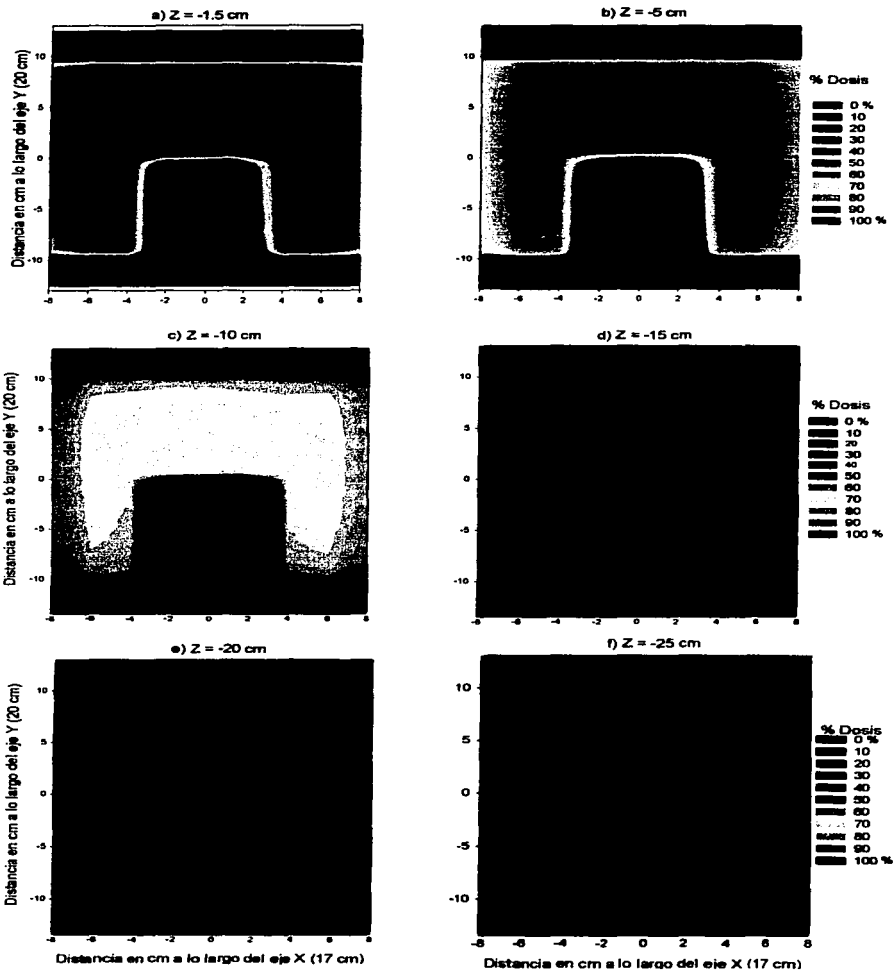
##### *- Distribución de dosis para el campo abierto y el campo parametrial*

En las figuras 4.12 a) a 4.12 f) se muestran las distribuciones del porcentaje de dosis en agua para el campo abierto de rayos X de 6 MV, a diferentes profundidades de la superficie del maniquí: a)  $Z = -1.5$  cm, b)  $Z = -5$  cm, c)  $Z = -10$  cm, d)  $Z = -15$  cm, e)  $Z = -20$  cm y f)  $Z = -25$  cm. Ver sistema de referencia asociado a las figuras 3.11 a), b) y c). De la misma manera, las figuras 4.13 a) a 4.13 f) muestran la distribución del porcentaje de dosis para el campo parametrial, a las mismas profundidades que para el campo abierto.





Figuras 4.12 a) - f). Distribución de dosis para el campo abierto medida con cámara de ionización, a diferentes profundidades.



Figuras 4.13 a) - f). Distribución de dosis para el campo parametrial medida con cámara de ionización, a diferentes profundidades.

# **CAPÍTULO 5**

## **DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

### *- Caracterización de los dosímetros*

Como se aprecia en la figura 4.1, las fluctuaciones en la respuesta de los cristales termoluminiscentes son minimizadas al aplicar el factor de sensibilización individual, lo que permite confiar en las medidas obtenidas con dichos dosímetros. Del lote utilizado sólo 3 dosímetros presentaron factores individuales de sensibilidad por encima de 1.1, lo que nos podría indicar una buena homogeneidad del lote. El valor más alto de las lecturas sin corregir es de  $3.5 \mu\text{C}$  y el más bajo es de  $2.6 \mu\text{C}$ , mientras que para las lecturas corregidas el valor más alto es de  $3.13 \mu\text{C}$  y el más bajo de  $3.03 \mu\text{C}$ , es decir, la mayor diferencia entre la respuesta de los dosímetros se redujo de 35% a 3%, lo cual es bastante aceptable. Cabe señalar que los dosímetros utilizados ya habían sido usados en experimentos anteriores.

Con respecto a la calibración de las películas de tinte radiocrómico, de las figuras 4.3 a 4.5 se observa que la sensibilidad de la película a la radiación es mayor para la componente roja. Debido a que la respuesta de la película es para las componentes verde y azul, los cambios de coloración en la película deben ser mayores para que puedan ser distinguidos. Recordemos que los valores de respuesta de las películas mostrados en las figuras mencionadas son el promedio de dos medidas, por lo que en la componente roja la diferencia entre las dos medidas será fácilmente detectada por el escáner, dando valores de respuesta diferentes, mientras que para las componentes verde y azul la diferencia entre estas dos medidas será menor. También es fácil observar que la respuesta de la componente roja pareciera tender a la saturación para dosis cercanas o mayores a los 35 Gy, lo que indicaría que esta componente solo sería útil por debajo de este valor. Las incertidumbres asociadas a la respuesta de la componente roja claramente son muy grandes a altas dosis, lo que indica la incapacidad del escáner de registrar bajos niveles de luz transmitida para esta componente.

En el análisis presentado en este trabajo, se decidió utilizar la componente roja de las películas debido a que al ser la más sensible para dosis menores a 35 Gy, es la que mas información puede proporcionar, sobre todo para dosis relativamente bajas.

### ***- Medidas de distribución de dosis (fuente sola)***

En la figura 4.6 se observa un buen acuerdo entre las medidas experimentales utilizando DTL y las medidas obtenidas de la simulación Monte Carlo. La mayor diferencia entre estos valores es de 19%, mientras que la menor diferencia es de 0.003%. La diferencia promedio es de 11%. La mayor diferencia entre las medidas experimentales y la simulación Monte Carlo se da para los valores de dosis más altos, es decir, a distancias cercanas a la fuente. Esto puede deberse a que cerca de la fuente el gradiente de dosis es mucho más pronunciado que para distancias lejanas, por lo que una pequeña diferencia entre las condiciones experimentales y las condiciones de la simulación (como geometría y posición de la fuente dentro del maniquí) se verá reflejada en diferencias importantes de los valores de tasa de dosis por unidad de intensidad de kerma en aire.

En el caso de la figura 4.7, se observa un mejor acuerdo entre las medidas experimentales con PTR y la simulación para distancias radiales menores a 2 cm. En este caso, la diferencia promedio es de 7%, lo cual es bastante aceptable. Debido a que las medidas con películas son mucho más precisas que las medidas con los DTL para distancias cercanas a la fuente, es válido tomar como referencia las medidas con películas para determinar la diferencia con la simulación Monte Carlo. Por un lado, hay que tomar en cuenta que los valores de  $\dot{D}/S_k$  medidos con los DTL son un promedio de dicha cantidad en el volumen que ocupa en cristal ( $9 \text{ mm}^3$ ), mientras que con las películas cada valor mostrado corresponde al promedio en un pixel (aproximadamente  $0.00002 \text{ cm}^2$ ), al igual que los valores obtenidos de la simulación, por lo que se elimina cualquier efecto originado por promediar la dosis en un volumen. Por otro lado, también hay que considerar que las medidas con películas se hicieron a distancias cercanas a la fuente, lo que implicaría que una pequeña diferencia entre las condiciones de irradiación experimentales y las condiciones de irradiación supuestas en la simulación darían como resultado diferencias importantes en los valores de  $\dot{D}/S_k$ , lo que nos lleva a confiar aun más en las medidas obtenidas con las películas.

### ***- Medidas de distribución de dosis (fuente dentro del colpostato)***

En la figura 4.8 se observa, como era de esperarse, que existe una diferencia entre los valores de  $\dot{D}/S_k$ , para los DTL colocados del lado del aplicador sin blindaje con respecto a los colocados en la zona con blindaje. La diferencia promedio entre ambos valores es de 13%, y a una distancia radial de 3 cm del centro de la fuente el valor de  $\dot{D}/S_k$  es 39% mayor en la zona sin blindaje que en la zona del aplicador con blindaje. Este valor coincide aproximadamente con el valor reportado por Williamson, 1990, que reporta una reducción del 50% de la dosis a una distancia similar de la fuente. Otros autores han reportado una reducción entre 15 y 25% de la dosis (Clifton, 1984 y Yorke, 1987). Sin embargo, dichos valores reportados en la literatura corresponden a los obtenidos con aplicadores cuya geometría es diferente, aunque parecida a la del aplicador utilizado en este trabajo.

**- Cálculo de dosis al recto y la vejiga a partir de las medidas experimentales**

Para estimar la reducción de la dosis al recto y la vejiga debido a los blindajes en el aplicador, podemos comparar los valores de dosis obtenidos del sistema de planeación del Instituto Nacional de Cancerología para el tratamiento de braquiterapia recibido por una paciente, con los valores obtenidos experimentalmente. El tratamiento consistió en una aplicación de 3 fuentes de 15 mgRaEq en el útero (es decir, dentro del tandem) y 2 fuentes de 15 mgRaEq en el cuello del útero durante 66.67 horas, utilizando un colpostato marca Amersham ASN 8231. Para obtener la dosis a los puntos de interés (recto y vejiga) a partir de las medidas experimentales, se supuso una disposición de las fuentes como la obtenida en las radiografías de dicha paciente. Para cada fuente se midió la distancia entre el centro de ésta y el recto y la vejiga, y se buscó el valor de dosis obtenido con DTL cuya posición en el maniquí fuera la más parecida a la posición de recto y vejiga en el sistema de planeación. Debido a que las distancias en el sistema de planeación son en agua y las distancias en el maniquí son en lucita se utilizó el factor de conversión de distancia en agua a lucita para poder comparar las medidas del sistema de planeación con las medidas experimentales. Después, se corrigió el valor de dosis obtenido experimentalmente por el factor  $(1 / d^2)$ , donde  $d$  es la diferencia en distancia entre la posición del DTL y la posición del recto o la vejiga. Esto se hizo para cada una de las fuentes, y al final se sumó la contribución de cada fuente a la dosis recibida por el recto y la vejiga. Cabe notar que en el cálculo de dosis obtenido a partir de las medidas experimentales sí se tomó en cuenta el blindaje dentro del colpostato, mientras que el sistema de planeación no los considera. Los valores de dosis obtenidos se muestran en la tabla 5.1.

Punto de interés	Dosis (Gy)	
	Sistema de planeación	Medidas experimentales
<i>Recto</i>	17.0	14.2
<i>Vejiga</i>	17.1	13.9
<i>Puntos A</i>	30.4	30.7
<i>Puntos B</i>	13.8	12.9

Tabla 5.1. Valores de dosis en puntos de interés para un tratamiento de braquiterapia, obtenidos con el sistema de planeación y a partir de medidas experimentales.

Se observa que según las medidas experimentales, la reducción a la dosis en recto y vejiga es de aproximadamente 17% y 19% respectivamente, lo que aparentemente coincidiría más con el valor dado por Clifton y Yorke (1984). Sin embargo, en este caso la distancia del recto y la vejiga a las fuentes es mayor que el reportado por estos autores, por lo que se esperaría entonces que la reducción en la dosis fuera menor. En este caso, coincidiría más con el valor reportado por Williamson (1990), tomando en cuenta nuevamente la distancia del recto y la vejiga con respecto a las fuentes. Los valores de dosis a los puntos A y B son muy similares, debido a que estos puntos de interés se

encuentran en la zona del colpostato donde no hay opacamiento por el blindaje. por lo que no se espera una reducción en la dosis.

A partir de las medidas con películas de tinte radiocrómico puede apreciarse de una manera muy clara cómo la distribución de la dosis es afectada por los blindajes en el colpostato. Se observa una diferencia en la forma de las curvas de isodosis para los valores de  $Z = 0.5$  cm y  $Z = 0.08$  cm (es decir, cerca del blindaje inferior del colpostato), con respecto a las curvas de isodosis para  $Z = -2.04$  cm y  $Z = -2.47$  cm (por encima del blindaje superior). Esta diferencia se debe simplemente a que como se muestra en la figura 2.7, la forma de los dos blindajes es diferente.

**- Comparación cualitativa entre el sistema de planeación y la simulación Monte Carlo**

Para el tratamiento mencionado anteriormente de 3 fuentes de 15 mgRaEq en el útero y 2 fuentes de 15 mgRaEq en el cuello del útero, también se obtuvieron los valores de dosis en agua a partir de una simulación Monte Carlo (sección 3.5), tanto para las 5 fuentes solas como considerando las tres fuentes en el tandem y dos fuentes dentro del colpostato. La dosis para los puntos de interés obtenida con la simulación se muestra en la tabla 5.2.

<b>Punto de interés</b>	<b>Dosis (Gy) (5 fuentes solas)</b>	<b>Dosis (Gy) ( 3 fuentes solas en el tandem y 2 fuentes dentro de los colpostatos)</b>
Recto	23.8	18.8
Vejiga	17.7	14.2
Puntos A	36.3	35.9
Puntos B	13.6	12.4

Tabla 5.2. Valores de dosis a los puntos anatómicos de interés para el tratamiento con braquiterapia, obtenidos en ambos casos de la simulación Monte Carlo.

Como se observa, en el caso del recto y la vejiga se observa una disminución de la dosis de un 21% y 20% respectivamente, lo que nuevamente coincide con lo reportado por los cálculos a partir de las medidas experimentales y los valores reportados por Williamson (1990). Sin embargo, los valores absolutos de dosis para las fuentes solas son mayores que los obtenidos con el sistema de planeación, lo cual simplemente se debe a diferencias en la posición de las fuentes de la simulación con respecto a la planeación. En el caso de la simulación, se consideró que las tres fuentes colocadas en el útero son paralelas entre sí, es decir, están sobre la misma línea, y además son perpendiculares a las dos fuentes colocadas dentro de los colpostatos, mientras que en el tratamiento real las fuentes colocadas en el útero tienen una cierta angulación entre sí, y no son exactamente perpendiculares a las otras dos fuentes. El sistema de planeación considera la posición real de las fuentes. La figura 5.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

muestra de manera esquemática la manera en que están colocadas las fuentes en el tratamiento real y en la simulación, vistas desde una proyección lateral (perpendicular a la proyección presentada en la figura 2.1)

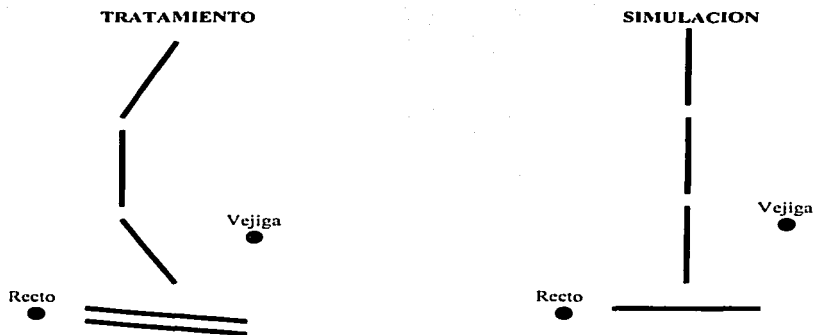


Figura 5.1. Posición de las fuentes de  $^{137}\text{Cs}$  en el tratamiento real y en la simulación.

Como puede apreciarse en la Figura 5.1, en el tratamiento real las fuentes colocadas dentro del tandem uterino están colocadas de manera tal que la dosis al recto y a la vejiga son muy parecidas (17.0 y 17.1 Gy), mientras que en la simulación la posición de las fuentes provoca que el recto reciba una mayor dosis que la vejiga, como se observa en la Tabla 5.2.

Por otro lado, las curvas de isodosis del sistema de planeación tienen una forma y distribución muy parecidas a las obtenidas con la simulación, como se muestra en la figura 5.2.

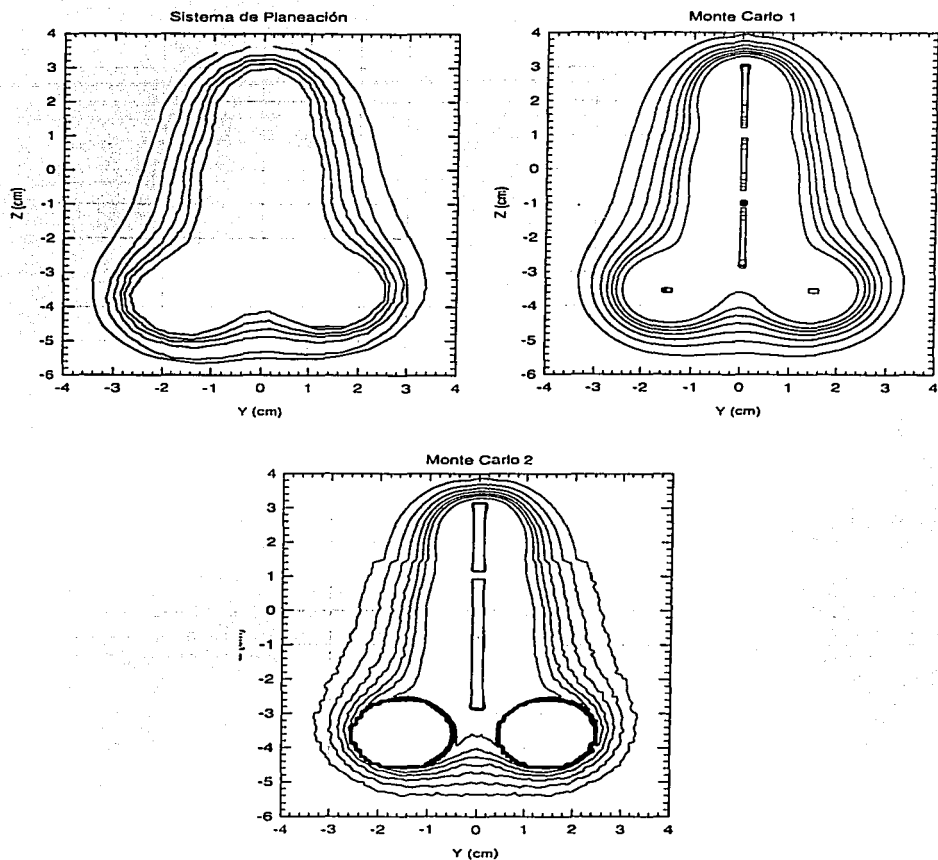


Figura 5.2. Distribución de las curvas de isodosis obtenidas con el sistema de planeación, la simulación Monte Carlo con las fuente solas (Monte Carlo 1) y la simulación para las fuentes dentro del tandem y colpostato (Monte Carlo 2).



En las figuras se observan las curvas de isodosis producidas por las fuentes, y corresponden a tasas de dosis de 100, 90, 80, 60, 50 y 40 cGy/h, de adentro hacia fuera de las figuras. Se puede observar cualitativamente que la forma de las curvas de isodosis del sistema de planeación y las predicciones del Monte Carlo es muy similar, aún considerando los resultados del Monte Carlo 2 que incluye cálculos con los blindajes para recto y vejiga. Estos resultados no son sorprendentes debido a la posición del plano en el que se están mostrando las curvas de isodosis de la figura 5.2.

Sin embargo, cuando la distribución de dosis se grafica en planos cercanos al recto y a la vejiga, se observan claramente perturbaciones producidas por los blindajes que no se observan ni en el sistema de planeación ni en los resultados del Monte Carlo 1. Esto se aprecia en la figura 5.3.

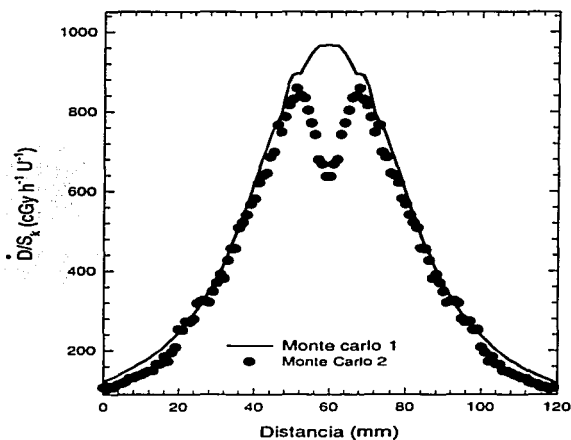


Figura 5.3. Perfil de dosis a lo largo de una línea que pasa por el centro geométrico de los colpostatos, sobre un plano cercano al recto.

### **- Distribución de dosis para el tratamiento con teleterapia**

Como se observa en las figuras 4.12 a) a 4.12 f), la distribución de dosis para el campo abierto es bastante uniforme, presentando diferencias de porcentaje de dosis no mayores al 10% para profundidades menores a 20 cm, lo cual es importante para asegurar la calidad de los tratamientos. Comparando el campo abierto con el campo parametrial (figuras 4.13 a) a 4.13 f)), vemos que en la zona de la protección, la mayor dosis que recibiría la paciente sería de aproximadamente 30% del máximo valor de dosis a una profundidad de 1.5 cm y de 20 % a 25 cm, lo cual es importante ya que en esa zona se localizan los órganos críticos como el recto y la vejiga, que deben recibir la menor dosis posible. Para corroborar esto, se tomó el caso de la paciente anterior, que recibió también tratamiento con teleterapia que en este caso consistió en cuatro campos (dos laterales y dos antero- posteriores). Los campos laterales median  $17 \times 10 \text{ cm}^2$ , y los antero-posteriores median  $17 \times 15 \text{ cm}^2$ . Se dió una dosis total de 50 Gy al isocentro, localizado a 11 cm de profundidad para los campos antero-posteriores y a 20 cm de profundidad para los campos laterales. La paciente recibió 200 cGy por sesión (para cubrir 50 Gy en 25 sesiones, de una sesión por día), de los cuales 70 cGy se administraron en cada campo antero posterior y 30 cGy en cada campo lateral. A partir de las medidas experimentales con la cámara de ionización se obtuvo la dosis que recibiría la paciente a los puntos de interés (recto, vejiga, etc.) con el tratamiento de teleterapia. Para ello se calculó la posición de cada uno de los puntos de interés con respecto a los perfiles de porcentaje de dosis obtenidos con la cámara de ionización. Para cada punto de interés se tomó el valor del porcentaje de dosis del punto experimental más cercano. Si el punto de interés estaba entre dos valores experimentales, se tomaba el valor de la interpolación lineal entre estos dos. Debido a que se tomaron medidas experimentales para un solo tamaño de campo, se aplicó un factor de corrección por tamaño de campo ( $F_{TC}$ ) (Johns and Cunningham, 1983, Tabla B-2 p. 746) y por variación en la distancia de la fuente de radiación al paciente ( $F_{SSD}$ ) (Khan, 1994). Lo anterior se hizo para cada uno de los cuatro campos, y al final se sumaron las contribuciones de éstos a la dosis.

Para pasar de medidas de porcentaje de dosis a dosis, se consideró que en el tratamiento real, la paciente recibió en total 1750 cGy (70 cGy/ sesión por 25 sesiones) al isocentro por cada campo antero-posterior, y 750 cGy (30 cGy/ sesión por 25 sesiones) al isocentro por cada campo lateral. El valor de dosis que recibió cada punto de interés, se calculó entonces como la dosis recibida en el isocentro multiplicada por el cociente del porcentaje dosis que recibió el punto de interés entre el porcentaje de dosis recibido por el isocentro, como se muestra en el siguiente ejemplo.

Ejemplo: dosis que recibió el recto por el campo antero-posterior:

La dosis que recibe el isocentro es de 1750 cGy, y el valor de porcentaje de dosis al isocentro, obtenido de las medidas con cámara de ionización es de  $\%D(\text{isoc}) = 69.15\%$ . El porcentaje de dosis que recibió el recto, obtenido de las medidas con cámara es  $\%D(R) = 61.28\%$ . Así, la dosis que recibe el recto por el campo antero-posterior es:

$$D(R) = 1750 \text{ cGy} * (\%D(R) / \%D(\text{isoc})) * F_{SSD} * F_{TC}$$

donde  $F_{SSD}$  es el factor de corrección por variación en la distancia de la fuente de radiación al paciente (en este caso,  $F_{SSD} = 0.929$ ), y  $F_{TC}$  (en este caso  $F_{TC} = 0.985$ ) es el factor de corrección por tamaño de campo. Ambos factores fueron obtenidos de las referencias mencionadas. De esta manera se hizo el cálculo de dosis para cada punto de interés debido a cada uno de los cuatro campos utilizados, tanto para el campo abierto como para el parametrial. La tabla 5.3 muestra los valores de dosis obtenidos considerando la aplicación de braquiterapia y la teleterapia, para el campo abierto y el campo parametrial, para cada punto de interés.

Punto de interés	Dosis (Gy) Teleterapia		Dosis (Gy) Teleterapia + Braquiterapia	
	Campo abierto	Campo parametrial	Campo abierto	Campo parametrial
<i>Recto</i>	41.3	16.0	55.5	30.2
<i>Vejiga</i>	41.5	16.0	55.4	29.9
<i>Puntos A</i>	43.4	19.0	74.0	49.8
<i>Puntos B</i>	43.9	41.8	56.7	54.6

Tabla 5.3. Valores de dosis a los puntos de interés para el tratamiento con teleterapia, así como para la combinación de teleterapia más braquiterapia, obtenidos a partir de las medidas experimentales (columna 3, tabla 5.1).

Como puede observarse en la Tabla 5.3 para el tratamiento con teleterapia, el hecho de bloquear los campos antero-posteriores reduce en un 60 % la dosis que reciben los órganos críticos como el recto y la vejiga, y en 56 % para los puntos A. Los puntos B reciben casi la misma dosis, lo que se debe simplemente a que dichos puntos quedan fuera de la zona bloqueada del haz en el momento de dar el tratamiento. Si se considera la dosis total de la combinación de teleterapia y braquiterapia, la reducción de la dosis al recto y la vejiga es del 45 %, y del 33 % a los puntos A si se utiliza el campo parametrial, y para los puntos B la reducción en la dosis es del 4 % aproximadamente. Lo anterior nos dice que tal vez la mejor técnica para dar el tratamiento con teleterapia es la de campo parametrial, ya que la dosis a los órganos críticos se ve drásticamente disminuida. Sin embargo, también hay que tomar en cuenta el caso clínico de la paciente, ya que si el tumor se encuentra en una etapa avanzada tal vez lo más conveniente sea dar la mayor dosis posible al tumor, a pesar de que resulten afectados el recto y la vejiga, en cuyo caso, la decisión debe tomarla el radio oncólogo. Cabe recalcar que los valores de dosis obtenidos para la aplicación de teleterapia e indicados en la Tabla 5.3 deben ser tomados sólo como un ejemplo para estimar la dosis que podría recibir la paciente con dicho tratamiento. Para obtener dichos valores se supuso una cierta posición del isocentro del equipo con respecto a la paciente y se tomaron los puntos de interés (recto, vejiga, puntos A y B) del tratamiento con braquiterapia, los cuales

pueden cambiar de posición debido a las colocación de las fuentes en el cuello del útero y el útero de la paciente, así como a cambios morfológicos debidos al mismo tratamiento (se puede presentar inflamación del recto y la vejiga, o disminución del volumen tumoral) y al movimiento natural de estos órganos en el cuerpo de la paciente.

## CONCLUSIONES

Basados en la comparación de las medidas experimentales con PTR y DTL, y la simulación Monte Carlo, podemos concluir que esta última ha sido validada, y por lo tanto puede ser utilizada en el futuro como una manera precisa y eficiente de hacer dosimetría para tratamientos de cáncer cérvico uterino con braquiterapia de baja tasa de dosis. Lo anterior es corroborado también por la comparación entre los valores de reducción de la dosis al recto y la vejiga dados por los cálculos con las medidas experimentales y los reportados por Williamson (1990).

Con respecto al sistema de planeación, el hecho de no considerar la estructura de los colpostatos da como resultado una sobreestimación de la dosis al recto y a la vejiga, lo que implica que la dosis real a dichos órganos es menor (en 20%, para este caso en particular), lo cual evidentemente da como resultado una mejor calidad de vida para la paciente durante y después del tratamiento. Por otro lado, la ventaja del sistema de planeación es la rapidez con la que se pueden obtener los cálculos de dosis a los puntos de interés, lo que es crucial en una institución con tantos pacientes, como es el Instituto Nacional de Cancerología. Sin embargo, debido a que últimamente se han dado enormes avances en el área de la computación, no es difícil pensar que en un futuro cercano la dosimetría a base de simulaciones numéricas (particularmente simulaciones Monte Carlo) será la más utilizada para la planeación de los tratamientos de cada paciente.

Del tratamiento con teleterapia, como ya se mencionó, los valores obtenidos son solo un ejemplo para estimar la dosis total que podría estar recibiendo la paciente en un tratamiento que involucre braquiterapia y teleterapia, y por lo tanto no puede considerarse como un trabajo de dosimetría en sí. Para hacer una dosimetría es necesario conocer la posición de los puntos anatómicos de interés durante la aplicación del tratamiento, lo que es posible con radiografías de la paciente colocada en la misma posición en la que se aplicará la teleterapia, y con marcadores que permitan visualizar el recto y la vejiga. Los valores obtenidos en este trabajo concuerdan con los que normalmente se obtienen para este tipo de

tratamientos, por lo que pueden ser útiles solo para darnos una idea de la dosis total que recibiría la paciente.

Por lo anterior se espera que este trabajo sea solo una etapa dentro de un proyecto a mediano plazo, pues ahora que se ha validado parcialmente la simulación Monte Carlo se puede pensar en tomar en cuenta no solo la geometría y la estructura interna de las fuentes radiactivas y sus aplicadores, sino también de las diferentes estructuras dentro del paciente (como tejido, hueso, cartilago, etc.), con el fin de conocer la dosis que reciben otras estructuras importantes, y en base a ello, optimizar la calidad de los tratamientos. También es necesario ampliar el estudio a un mayor número de pacientes, con el fin de tener una buena estadística y poder afirmar con mayor seguridad los resultados obtenidos.

Este trabajo también nos ha permitido comparar cuatro maneras diferentes y complementarias de hacer dosimetría: con dosímetros termoluminiscentes, con películas radiocrómicas, con cámara de ionización y mediante simulación Monte Carlo.

Los DTL han mostrado ser útiles para obtener medidas de dosis relativamente bajas con una precisión aceptable, siempre que su respuesta se normalice por un factor de sensibilización individual, en campos de radiación que no sean demasiado inhomogéneos. Estos dosímetros son los más fáciles de usar, además de que pueden reusarse obteniendo precisiones razonables.

Las PTR tienen una gran resolución espacial, además de que también son relativamente fáciles de usar, por lo que pueden ser perfectamente utilizadas para medir dosis en campos de radiación con altos gradientes de dosis, y a altas dosis. También presentan la ventaja de que su intervalo de respuesta se puede ampliar al utilizar las tres componentes (roja, verde y azul) de la imagen digitalizada.

La cámara de ionización utilizada en este trabajo presenta una gran resolución espacial, además de que se obtienen las medidas instantáneamente, sin necesidad de algún protocolo de lectura adicional (como los DTL).

La dosimetría con Simulaciones Monte Carlo, resulta ser muy precisa, además de que se pueden obtener distribuciones de dosis para cualquier campo de radiación, así como para dosis relativamente altas y bajas. Sin embargo, es necesario esperar bastante tiempo (en este caso tres días) para obtener los resultados, debido a la gran cantidad de cálculos que debe hacer la computadora.

Finalmente, podemos concluir que se ha cumplido con el objetivo del trabajo, ya que se obtuvo la distribución de dosis para los tratamientos de cáncer cérvico uterino que combinan braquiterapia de baja tasa de dosis y teleterapia con rayos X, tomando en cuenta las estructuras internas de los aplicadores de las fuentes, además de que las medidas experimentales permitieron validar parcialmente la simulación. Confiamos en que en un futuro cercano este trabajo ayude a mejorar la calidad de los tratamientos.

## APÉNDICE 1

### CALIBRACIÓN DE LOS DOSÍMETROS TERMOLUMINISCENTES Y LAS PELÍCULAS DE TINTE RADIOCRÓMICO.

Calibración de los DTL (Fig. 4.2).

Señal TL ( $\mu\text{C}$ )	Dosis ( $\pm 0.2\text{Gy}$ )
0.93 $\pm$ 0.07	0.3
5.98 $\pm$ 0.04	0.5
10.6 $\pm$ 0.03	1.0
16.1 $\pm$ 0.4	1.4
20 $\pm$ 1	1.8
54.5 $\pm$ 0.9	4.4
93 $\pm$ 3	7.0
120 $\pm$ 10	8.7
145.9 $\pm$ 0.5	10.4
201 $\pm$ 2	13.0
240 $\pm$ 10	15.6
280 $\pm$ 8	17.3
370 $\pm$ 20	21.6
510 $\pm$ 10	25.9

En la siguiente tabla se muestra el tono de color para cada componente. Debido a que para cada dosis se utilizaron dos películas, se presenta el valor promedio del tono de cada color, para cada película (C), así como el valor de la incertidumbre ( $\sigma\text{C}$ ). También se muestran los valores de dosis y de respuesta para cada una de las tres componentes (rojo, verde y azul).

Calibración de las PTR (figuras 4.3, 4.4 y 4.5).

COMPONENTE ROJA				
Dosis ( $\pm 0.2\text{Gy}$ )	C	$\sigma\text{C}$	Respuesta ( $\times 10^{-4}$ ) $\log_{10} (C_1/C)$	$\sigma\text{R} (\times 10^{-2})$
0.0	5.33E+04	6.05E+02	0	0.007
2.7	4.61E+04	5.98E+02	6.3	0.1
3.6	4.36E+04	1.25E+03	8.7	0.1
4.6	4.14E+04	8.46E+02	11.0	0.2
9.1	3.35E+04	5.04E+02	20.2	0.3
13.7	2.93E+04	5.79E+02	26.0	0.4
18.2	2.44E+04	6.51E+02	33.9	0.9
22.8	1.89E+04	8.38E+02	45.0	2.0
27.3	1.40E+04	9.09E+02	56.0	3.0
31.9	9.98E+03	7.80E+02	73.0	8.0
36.4	5.43E+03	1.03E+03	99.0	25.0

<b>COMPONENTE VERDE</b>				
<b>Dosis (± 0.2 Gy)</b>	<b>C</b>	<b>σC</b>	<b>Respuesta (x 10<sup>-3</sup>) log<sub>10</sub> (C<sub>T</sub>/C)</b>	<b>σR (x 10<sup>2</sup>)</b>
0	5.31E+04	6.92E+02	0	0.008
2.7	4.95E+04	6.94E+02	3.0	0.02
3.6	4.82E+04	1.50E+03	4.2	0.1
4.6	4.70E+04	1.05E+03	5.3	0.1
9.1	4.34E+04	6.09E+02	8.7	0.1
13.7	4.14E+04	6.80E+02	10.8	0.1
18.2	3.92E+04	8.60E+02	13.2	0.1
22.8	3.61E+04	1.05E+03	16.7	0.2
27.3	3.31E+04	9.42E+02	20.5	0.3
31.9	3.10E+04	6.18E+02	23.3	0.2
36.4	2.82E+04	8.05E+02	27.5	0.4
40.95	2.68E+04	4.22E+02	29.7	0.01
45.5	2.68E+04	7.32E+02	29.7	0.4
50.1	2.52E+04	6.27E+02	32.3	0.4
54.6	2.25E+04	5.20E+02	37.3	0.4
63.8	2.12E+04	4.57E+02	39.9	0.4
72.9	1.78E+04	6.98E+02	47.5	0.7
82.0	1.66E+04	5.18E+02	50.0	0.8
91.1	1.44E+04	4.41E+02	56.7	0.8
<b>COMPONENTE AZUL</b>				
<b>Dosis (± 0.2 Gy)</b>	<b>C</b>	<b>σC</b>	<b>Respuesta (x 10<sup>-3</sup>) log<sub>10</sub> (C<sub>T</sub>/C)</b>	<b>σR (x 10<sup>2</sup>)</b>
0	5.25E+04	7.81E+02	0	0.007
2.7	5.13E+04	8.00E+02	1.0	0.3
3.6	5.06E+04	1.64E+03	1.6	0.2
4.6	4.99E+04	1.27E+03	2.2	0.4
9.1	4.95E+04	8.11E+02	2.6	0.5
13.7	4.92E+04	9.58E+02	2.9	0.5
18.2	4.94E+04	1.19E+03	2.7	0.5
22.8	4.80E+04	1.42E+03	3.9	0.5
27.3	4.65E+04	1.41E+03	5.4	0.2
31.9	4.59E+04	9.63E+02	5.9	0.1
36.4	4.47E+04	1.25E+03	7.0	0.1
40.95	4.46E+04	7.10E+02	7.1	0.1
45.5	4.48E+04	1.13E+03	7.0	0.2
50.1	4.44E+04	1.02E+03	7.3	0.2
54.6	4.29E+04	9.23E+02	8.8	0.2
63.8	4.27E+04	8.58E+02	9.0	0.3
72.9	4.03E+04	1.31E+03	11.5	0.2
82.0	4.00E+04	9.76E+02	11.9	0.2
91.1	3.84E+04	9.01E+02	13.6	0.1

## APÉNDICE 2

### MEDIDAS CON CRISTALES TERMOLUMINISCENTES TLD-100

Valores de la señal TL y la tasa de dosis por unidad de intensidad de kerma en aire para la figura 4.6 (medidas para la fuente sola).

Z = 3.27 cm				Z = 0.97 cm			
Distancia radial (cm) ± 0.2 cm	Señal TL (μC)	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) medido	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) simulación	Distancia radial (cm) ± 0.2 cm	Señal TL (μC)	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) medido	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) simulación
2	50 ± 2	5.7 ± 0.2	6.1	2	160 ± 30	17.0 ± 3.0	19.0
3	34 ± 4	4.0 ± 0.5	4.5	3	73 ± 12	8.0 ± 1.0	9.0
4	24 ± 2	2.9 ± 0.2	3.3	4	35 ± 7	5.0 ± 1.0	5.0
5	19 ± 2	2.3 ± 0.2	2.5	5	25 ± 2	3.0 ± 0.2	3.4
7	10 ± 1	1.4 ± 0.2	1.4	7	12.3 ± 0.7	1.6 ± 0.1	1.7
9	6 ± 1	0.9 ± 0.1	0.9	9	8.0 ± 0.3	1.10 ± 0.03	1.0
11	4 ± 1	0.7 ± 0.1	0.6	11	5.1 ± 0.1	0.77 ± 0.01	0.63
Z = 0.13 cm				Z = - 0.29 cm			
Distancia radial (cm) ± 0.2 cm	Señal TL (μC)	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) medido	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) simulación	Distancia radial (cm) ± 0.2 cm	Señal TL (μC)	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) medido	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) simulación
2	220 ± 14	21.0 ± 1.0	22.0	2	210 ± 20	21.0 ± 2.0	22.0
3	78 ± 3	8.7 ± 0.3	10.0	3	81 ± 6	9.0 ± 1.0	10.0
4	42 ± 2	4.9 ± 0.2	5.6	4	40 ± 2	4.7 ± 0.2	5.6
5	26 ± 1	3.1 ± 0.2	3.5	5	23 ± 2	2.8 ± 0.2	3.6
7	11.9 ± 0.4	1.50 ± 0.04	1.73	7	11.9 ± 0.1	1.55 ± 0.01	1.74
9	6.8 ± 0.1	0.97 ± 0.01	1.00	9	6.75 ± 0.01	0.970 ± 0.001	1.011
11	4.3 ± 0.2	0.69 ± 0.03	0.63	11	4.2 ± 0.1	0.68 ± 0.01	0.63
Z = - 1.13 cm				Z = - 3.43 cm			
Distancia radial (cm) ± 0.2 cm	Señal TL (μC)	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) medido	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) simulación	Distancia radial (cm) ± 0.2 cm	Señal TL (μC)	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) medido	$\dot{D} / S_k \times 10^{12}$ (cGy/h·U) simulación
2	160 ± 14	16.0 ± 1.0	17	2	44 ± 3	5.1 ± 0.3	5.6
3	70 ± 4	8.0 ± 0.4	8.9	3	30 ± 1	3.6 ± 0.1	4.3
4	39.2 ± 0.3	4.59 ± 0.03	5.22	4	23 ± 1	2.8 ± 0.1	3.2
5	25 ± 1	3.02 ± 0.01	3.41	5	16 ± 1	2.0 ± 0.2	2.3
7	11.7 ± 0.2	1.53 ± 0.02	1.69	7	9.2 ± 0.5	1.2 ± 0.1	1.4
9	6.7 ± 0.02	0.96 ± 0.03	1.02	9	6 ± 1	0.9 ± 0.1	0.9
11	4.10 ± 0.04	0.66 ± 0.005	0.63	11	3.7 ± 0.3	0.62 ± 0.03	0.57



Valores de la señal TL y la tasa de dosis por unidad de intensidad de kerma en aire para la figura 4.8 (fuente dentro del aplicador). Los ángulos fueron tomados según los esquemas 1 y 2 de este apéndice (valores asociados a las figuras 4.8 y 4.9). Para los valores de distancia radial, el primer bloque de datos (de 3 a 13 cm) corresponde a los DTL colocados en la zona del aplicador sin blindaje, y el resto a la zona con blindaje.

Z = - 4.72 cm				Z = - 2.42 cm			
Distancia radial (cm) ± 0.2 cm	Angulo θ (grados)	Señal TL (μC) ± 0.1 μC	$\dot{D} / S_k \times 10^2$ (± 0.002 cGy/h·U)	Distancia radial (cm) ± 0.2 cm	Angulo θ (grados)	Señal TL (μC) ± 0.1 μC	$\dot{D} / S_k \times 10^2$ (± 0.002 cGy/h·U)
3	210	28.4	3.3	3	210	63.6	7.1
5	225	14.9	1.9	5	225	23.6	2.8
7	240	9.6	1.3	7	240	13.5	1.7
9	255	6.2	0.9	9	255	6.9	1.0
11	270	3.7	0.6	11	270	4.4	0.7
13	285	2.5	0.5	13	285	2.9	0.5
3	45	18.5	2.3	3	45	47.7	5.4
5	60	13.4	1.7	5	60	21.1	2.5
7	75	8.8	1.1	7	75	11.7	1.5
9	90	5.2	0.8	9	90	7.1	1.0
11	105	4.1	0.6	11	105	4.6	0.7
13	120	2.5	0.5	13	120	2.9	0.5
Z = - 1.99 cm				Z = - 0.71 cm			
Distancia radial (cm) ± 0.2 cm	Angulo θ (grados)	Señal TL (μC) ± 0.1 μC	$\dot{D} / S_k \times 10^2$ (± 0.002 cGy/h·U)	Distancia radial (cm) ± 0.2 cm	Angulo θ (grados)	Señal TL (μC) ± 0.1 μC	$\dot{D} / S_k \times 10^2$ (± 0.002 cGy/h·U)
3	210	70.8	7.8	3	210	97.1	10.4
5	225	26.1	3.1	5	225	26.6	3.2
7	240	13.5	1.7	7	240	13.4	1.7
9	255	7.1	1.0	9	255	7.6	1.0
11	270	4.3	0.7	11	270	4.6	0.7
13	285	3.3	0.6	13	285	3.1	0.5
3	45	53.7	6.1	3	45	74.9	8.2
5	60	22.3	2.7	5	60	25.3	3.1
7	75	11.7	1.5	7	75	12.2	1.6
9	90	6.9	1.0	9	90	6.0	0.9
11	105	4.7	0.7	11	105	4.7	0.7
13	120	2.6	0.5	13	120	2.8	0.5

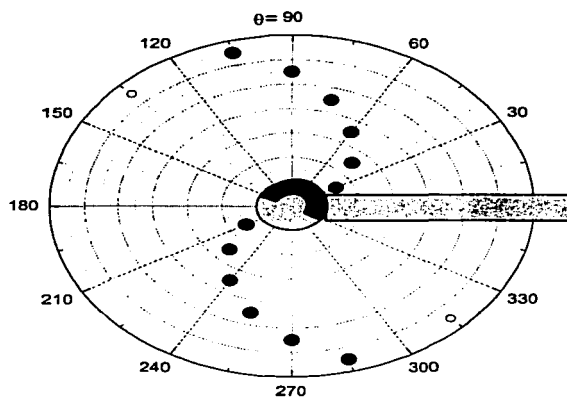
<b>Z = 0.55 cm</b>			
<b>Distancia radial (± 0.2 cm)</b>	<b>Angulo θ (grados)</b>	<b>Señal TL (μC) ± 0.1 μC</b>	<b>D / S<sub>k</sub> ×10<sup>-2</sup> ( ± 0.002 cGy/h-U)</b>
3	210	87.9	9.5
5	225	30.2	3.5
7	240	13.6	1.7
9	255	7.1	1.0
11	270	4.3	0.7
13	285	2.8	0.5
3	45	56.7	6.4
5	60	21.4	2.6
7	75	12.3	1.6
9	90	6.7	0.9
11	105	4.5	0.7
13	120	2.6	0.5

<b>Z = 0.97 cm</b>			
<b>Distancia radial (± 0.2 cm)</b>	<b>Angulo θ (grados)</b>	<b>Señal TL (μC) ± 0.1 μC</b>	<b>D / S<sub>k</sub> ×10<sup>-2</sup> ( ± 0.002 cGy/h-U)</b>
2	0	144.4	14.8
3	15	68.4	7.6
4	30	41.3	4.7
5	45	25.4	3.0
7	60	12.1	1.6
9	75	6.8	1.0
11	90	4.3	0.7
2	180	92.9	10.0
3	195	56.1	6.3
4	210	34.6	4.0
5	225	22.1	2.7
7	240	11.6	1.5
9	255	6.8	1.0

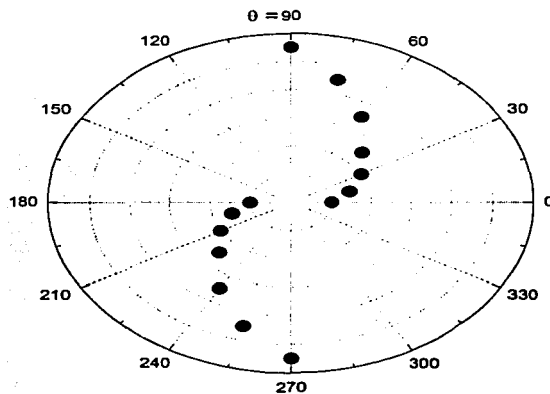
<b>Z = 1.40 cm</b>			
<b>Distancia radial (± 0.2 cm)</b>	<b>Angulo θ (grados)</b>	<b>Señal TL (μC) ± 0.1 μC</b>	<b>D / S<sub>k</sub> ×10<sup>-2</sup> ( ± 0.002 cGy/h-U)</b>
2	0	109.8	11.6
3	15	60.2	6.7
4	30	33.5	3.9
5	45	23.3	2.8
7	60	11.9	1.5
9	75	6.9	1.0
11	90	4.4	0.7
2	180	75.0	8.2
3	195	46.4	5.3
4	210	30.2	3.5
5	225	23.22	2.8
7	240	11.5	1.5

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Esquema 1. Posición de los TLD's en las placas, para los valores de  $Z = -4.72, -2.42, -1.99, -0.71, 0.55, 1.40$  y  $0.97$  cm.



Esquema 2. Posición de los TLD's en las placas, para los valores de  $Z = 1.40$  y  $0.97$  cm.



# APÉNDICE 3

## MEDIDAS OBTENIDAS DE LA TELETERAPIA CON LA CÁMARA DE IONIZACIÓN

### MEDIDAS PARA EL CAMPO ABIERTO

PLANO X = -8 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-14.47	4.149	-14	4.149	-15.75	4.288	-16.5	3.913	-17.25	3.677	-18	3.302
-14	4.288	-14.5	4.177	-15	4.341	-16	4.341	-17	3.729	-17.5	3.398
-13.5	4.62	-14	4.760	-15	4.620	-15.5	4.577	-16.5	4.053	-17	3.581
-13	4.850	-13.5	5.188	-14.5	4.986	-15	5.048	-16	4.341	-16.5	3.729
-12.5	5.144	-13	5.468	-14	5.380	-14.5	5.424	-15.5	4.377	-16	3.913
-12	5.616	-12.5	5.939	-13.5	5.896	-14	5.736	-15	4.996	-15.5	4.524
-11.5	5.896	-12	6.463	-13	6.291	-13.5	6.227	-14.5	5.284	-15	4.777
-11	6.324	-11.5	7.171	-12.5	6.979	-13	6.743	-14	5.564	-14.5	4.856
-10.5	7.118	-11	7.922	-12	7.718	-12.5	7.450	-13.5	6.131	-14	5.424
-10	11.363	-10.5	10.848	-11.5	10.394	-12	10.297	-13	6.559	-13.5	5.832
-9.5	50.553	-10	35.913	-11	10.612	-11.5	10.140	-12.5	7.354	-13	6.324
-9	79.795	-9.5	72.345	-10.5	25.844	-11	22.071	-12	8.629	-12.5	7.546
-8.5	81.97	-9	77.593	-10	34.399	-10.5	32.048	-11.5	15.756	-12	13.066
-8	84.94	-8.5	78.808	-9.5	50.514	-10	46.125	-11	31.364	-11.5	23.958
-7.5	87.245	-8	82.135	-9	61.069	-9.5	47.488	-10.5	35.705	-11	26.884
-7	87.062	-7.5	82.817	-8.5	63.855	-9	48.859	-10	36.456	-10.5	27.923
-6.5	87.298	-7	82.904	-8	65.227	-8.5	49.846	-9.5	37.207	-10	28.482
-6	86.73	-6.5	83.053	-7.5	65.742	-8	50.370	-9	37.967	-9.5	28.910
-5.5	87.149	-6	83.376	-7	65.934	-7.5	50.981	-8.5	38.299	-9	29.478
-5	87.106	-5.5	83.612	-6.5	66.074	-7	50.745	-8	38.588	-8.5	29.617
-4.5	87.341	-5	84.040	-6	66.642	-6.5	51.217	-7.5	39.234	-8	29.949
-4	86.87	-4.5	84.232	-5.5	66.449	-6	51.549	-7	39.705	-7.5	30.089
-3.5	86.826	-4	84.232	-5	67.017	-5.5	51.549	-6.5	39.618	-7	30.369
-3	86.302	-3.5	84.232	-4.5	67.157	-5	52.021	-6	39.854	-6.5	30.657
-2.5	86.354	-3	83.900	-4	67.585	-4.5	52.064	-5.5	40.037	-6	30.797
-2	85.883	-2.5	84.276	-3.5	67.489	-4	52.536	-5	40.509	-5.5	31.076
-1.5	85.927	-2	84.180	-3	67.532	-3.5	52.256	-4.5	40.413	-5	31.223
-1	85.83	-1.5	84.136	-2.5	67.532	-3	52.493	-4	40.509	-4.5	31.223
-0.5	85.787	-1	84.747	-2	67.233	-2.5	52.336	-3.5	40.885	-4	31.172
0	85.455	-0.5	84.180	-1.5	67.436	-2	52.632	-3	40.605	-3.5	31.460
0.5	84.555	0	84.040	-1	67.249	-1.5	52.492	-2.5	40.701	-3	31.504
1	84.791	0.5	83.900	-0.5	67.864	-1	52.824	-2	40.841	-2.5	31.784
1.5	84.555	1	84.232	0	67.436	-0.5	52.336	-1.5	41.120	-2	31.740
2	84.372	1.5	84.232	0.5	67.908	0	52.824	-1	41.033	-1.5	31.740
2.5	84.319	2	83.944	1	67.349	0.5	52.632	-0.5	40.885	-1	31.784
3	84.319	2.5	83.900	1.5	67.628	1	53.147	0	40.841	-0.5	31.924
3.5	83.9	3	84.180	2	67.297	1.5	52.868	0.5	41.077	0	31.696
4	83.472	3.5	83.900	2.5	67.393	2	52.911	1	41.173	1	31.696
4.5	83.525	4	83.664	3	67.061	2.5	52.388	1.5	40.701	1.5	31.600
5	83.193	4.5	83.568	3.5	67.157	3	52.492	2	40.937	2	31.600
5.5	82.529	5	83.297	4	67.061	3.5	52.336	2.5	40.649	2.5	31.644
6	82.346	5.5	83.001	4.5	66.921	4	52.204	3.5	40.605	3	31.460
6.5	82.249	6	82.721	5	66.545	4.5	52.117	4	40.797	3.5	31.364
7	82.389	6.5	82.206	5.5	66.214	5	51.924	4.5	40.561	4	31.364
7.5	81.638	7	82.389	6	66.074	5.5	51.924	5	40.177	4.5	31.128
8	81.262	7.5	82.389	6.5	65.934	6	51.993	5.5	39.854	5	31.364
8.5	80.821	8	81.262	7	64.703	6.5	51.217	6	39.994	5.5	31.128
9	79.21	8.5	80.931	7.5	65.131	7	50.702	6.5	39.618	6	30.949
9.5	65.742	9	79.899	8	64.519	7.5	50.413	7	39.286	6.5	30.517
10	17.355	9.5	76.82	8.5	64.047	8	49.994	7.5	38.911	7	30.517
10.5	6.507	10	50.230	9	63.384	8.5	49.566	8	38.535	7.5	30.239
11	5.232	10.5	12.071	9.5	62.301	9	49.993	8.5	38.247	8	29.993
11.5	4.62	11	7.267	10	59.899	9.5	48.415	9	37.775	8.5	29.853
12	4.341	11.5	6.131	10.5	43.359	10	47.400	9.5	37.400	9	29.242
12.5	3.965	12	5.380	11	13.870	10.5	45.365	10	36.884	9.5	28.814
13	3.581	12.5	4.952	11.5	8.394	11	42.823	10.5	36.028	10	28.578
13.5	3.398	13	4.385	12	7.171	11.5	12.359	11	34.762	10.5	27.827
14	3.162	13.5	3.965	12.5	6.271	12	8.062	11.5	26.692	11	27.591
14.47	2.83	14	3.677	13	5.703	12.5	7.025	12	11.459	11.5	26.080
		14.5	3.441	13.5	5.232	13	6.271	12.5	7.645	12	25.377
		15	3.162	14	4.716	13.5	5.799	13	6.507	12.5	9.529
				14.5	4.481	14	5.284	13.5	5.992	13	6.483
				15	4.009	14.5	4.856	14	5.520	13.5	5.799
				15.5	3.677	15	4.577	14.5	5.020	14	5.328
				15.75	3.537	16	4.105	15	4.288	14.5	4.856
						16.5	3.913	15.5	4.288	15	4.385
							3.441	16	3.965	15.5	4.105
								16.5	3.633	16	3.773
								17	3.398	16.5	3.581
								17.25	3.198	17	3.494
										17.5	3.205
										18	2.874

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

FLANOX -6 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-14.47	4.329	-15	4.320	-15.75	4.359	-16.5	4.240	-17.25	3.746	-18	3.301
-14	4.467	-14.5	4.085	-14.5	4.596	-16	4.378	-17	3.973	-17.5	3.590
-13.5	4.774	-14	4.912	-15	4.863	-15.5	4.823	-16.5	4.200	-17	3.706
-13	5.179	-13.5	5.406	-14.5	5.228	-15	5.288	-16	4.507	-16.5	4.032
-12.5	5.495	-13	5.831	-14	5.713	-14.5	5.624	-15.5	4.863	-16	4.240
-12	5.940	-12.5	6.424	-13.5	6.207	-14	6.068	-15	5.129	-15.5	4.507
-11.5	6.562	-12	7.146	-13	6.829	-13.5	6.645	-14.5	5.884	-15	5.244
-11	7.323	-11.5	7.946	-12.5	7.463	-13	7.412	-14	5.940	-14.5	5.179
-10.5	8.331	-11	9.152	-12	8.351	-12.5	7.946	-13.5	6.474	-14	5.535
-10	14.242	-10.5	12.542	-11.5	9.590	-12	8.856	-13	7.057	-13.5	6.029
-9.5	16.563	-10	19.197	-11	11.919	-11.5	10.941	-12.5	7.719	-13	6.651
-9	93.654	-9.5	75.973	-10.5	27.189	-11	22.811	-12	9.102	-12.5	7.719
-8.5	96.421	-9	81.151	-10	36.284	-10.5	42.100	-11.5	16.297	-12	13.564
-8	97.449	-8.5	83.029	-9.5	45.000	-10	46.698	-11	31.201	-11.5	23.572
-7.5	97.409	-8	83.830	-9	63.391	-9.5	47.993	-10.5	35.352	-11	26.655
-7	97.894	-7.5	84.106	-8.5	64.014	-9	48.705	-10	36.163	-10.5	27.406
-6.5	98.072	-7	84.373	-8	64.864	-8.5	49.377	-9.5	36.914	-10	28.167
-6	98.072	-6.5	84.966	-7.5	65.170	-8	49.683	-9	37.635	-9.5	28.434
-5.5	98.516	-6	84.769	-7	66.020	-7.5	50.533	-8.5	38.120	-9	29.017
-5	98.605	-5.5	85.213	-6.5	66.070	-7	50.760	-8	38.387	-8.5	29.373
-4.5	98.477	-5	85.419	-6	66.554	-6.5	51.156	-7.5	38.970	-8	29.729
-4	98.655	-4.5	86.113	-5.5	66.959	-6	51.512	-7	39.286	-7.5	29.867
-3.5	98.833	-4	85.935	-5	67.048	-5.5	51.828	-6.5	39.481	-7	30.223
-3	98.388	-3.5	86.419	-4.5	67.542	-5	51.917	-6	39.592	-6.5	30.351
-2.5	98.795	-3	86.113	-4	67.186	-4.5	52.222	-5.5	40.047	-6	30.668
-2	98.249	-2.5	86.380	-3.5	67.382	-4	52.373	-5	40.086	-5.5	30.806
-1.5	98.338	-2	85.974	-3	67.760	-3.5	52.500	-4.5	40.531	-5	31.024
-1	98.516	-1.5	86.330	-2.5	67.631	-3	52.678	-4	40.264	-4.5	31.201
-0.5	98.833	-1	85.935	-2	67.671	-2.5	52.589	-3.5	40.670	-4	31.340
0	98.516	-0.5	85.974	-1.5	67.898	-2	52.628	-3	40.581	-3.5	31.420
0.5	98.338	0	85.846	-1	67.671	-1.5	52.767	-2.5	40.798	-3	31.579
1	98.249	0.5	85.935	-0.5	67.760	-1	52.678	-2	40.847	-2.5	31.468
1.5	98.388	1	86.202	0	67.720	-0.5	52.717	-1.5	40.759	-2	31.735
2	98.210	1.5	85.797	0.5	67.760	0	52.717	-1	40.847	-1.5	31.597
2.5	98.210	2	86.202	1	67.987	0.5	52.539	-0.5	40.847	-1	31.557
3	98.427	2.5	85.797	1.5	67.582	1	52.539	0	41.025	-0.5	31.824
3.5	98.605	3	85.846	2	67.582	1.5	52.450	0.5	41.025	0	31.557
4	98.427	3.5	85.935	2.5	67.404	2	52.539	1	41.114	0.5	31.735
4.5	98.704	4	85.935	3	67.493	2.5	52.539	1.5	40.887	1	31.607
5	98.299	4.5	85.708	3.5	67.453	3	52.678	2	40.847	1.5	31.557
5.5	97.943	5	85.302	4	67.453	3.5	52.856	2.5	40.620	2	31.468
6	98.160	5.5	85.401	4.5	67.313	4	52.233	3	40.620	2.5	31.735
6.5	97.805	6	84.838	5	66.959	4.5	51.867	3.5	40.620	3	31.420
7	97.538	6.5	84.769	5.5	66.920	5	52.092	4	40.670	3.5	31.290
7.5	97.449	7	84.195	6	66.692	5.5	51.600	4.5	40.403	4	31.201
8	96.648	7.5	83.622	6.5	66.158	6	51.561	5	40.353	4.5	31.511
8.5	96.005	8	83.385	7	65.536	6.5	51.294	5.5	40.136	5	31.162
9	94.731	8.5	82.673	7.5	65.220	7	51.116	6	39.721	5.5	30.846
9.5	97.366	9	81.468	8	64.548	7.5	50.484	6.5	39.464	5	30.717
10	20.537	9.5	77.989	8.5	64.014	8	49.910	7	39.197	6.5	30.529
10.5	7.857	10	50.484	9	63.302	8.5	49.553	7.5	38.703	7	30.312
11	6.246	10.5	13.619	9.5	62.136	9	48.833	8	38.476	7.5	30.085
11.5	5.495	11	6.440	10	59.956	9.5	47.993	8.5	38.031	8	29.729
12	4.863	11.5	7.185	10.5	42.636	10	46.876	9	37.369	8.5	29.245
12.5	4.467	12	6.118	11	14.736	10.5	44.949	9.5	36.963	9	29.245
13	4.062	12.5	5.495	11.5	9.419	11	32.368	10	36.519	9.5	28.484
13.5	3.795	13	4.863	12	7.996	11.5	12.720	10.5	35.708	10	28.167
14	3.479	13.5	4.418	12.5	7.057	12	8.836	11	34.236	10.5	27.406
14.47	3.261	14	4.111	13	6.335	12.5	7.856	11.5	26.161	11	27.050
		14.5	3.706	13.5	5.584	13	6.968	12	11.781	11.5	25.845
		15	3.350	14	5.179	13.5	6.296	12.5	8.085	12	20.004
				14.5	4.596	14	5.624	13	7.146	12.5	9.646
				15	4.240	14.5	5.179	13.5	6.385	13	6.918
				15.5	3.934	15	4.774	14	5.762	13.5	6.240
				15.75	3.746	15.5	4.329	14.5	5.277	14	5.624
						16	4.062	15	4.912	14.5	5.090
						16.5	3.746	15.5	4.556	15	4.645
								16	4.062	15.5	4.289
								16.5	3.835	16	4.062
								17	3.479	16.5	3.617
								17.5	3.439	17	3.479
								18		18	3.123

FLANOX - 4 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-14.47											
-14	4.315	-15	4.515	-15.75	4.694	-16.5	4.425	-17.25	3.805	-18	3.396
-13.5	4.344	-14.5	4.924	-15.5	4.744	-16	4.834	-17	4.115	-17.5	3.716
-13	5.014	-14	5.274	-15	5.234	-15.5	5.054	-16.5	4.385	-17	3.955
-12.5	5.103	-13.5	5.813	-14.5	5.683	-15	5.473	-16	4.744	-16.5	4.205
-12	5.13	-13	6.173	-14	6.133	-14.5	5.903	-15.5	5.034	-16	4.385
-11.5	6.352	-12.5	6.842	-13.5	6.721	-14	6.622	-15	5.453	-15.5	5.104
-11	7.022	-12	7.421	-13	7.291	-13.5	7.171	-14.5	5.863	-15	5.393
-10.5	7.111	-11.5	8.410	-12.5	8.140	-13	7.691	-14	6.392	-14.5	5.593
-10	8.989	-11	9.834	-12	8.949	-12.5	8.340	-13.5	6.982	-14	6.482
-9.5	13.032	-10.5	13.284	-11.5	10.108	-12	9.48	-13	8.410	-13	7.111
-9	63.663	-10	41.021	-11	12.748	-11.5	11.626	-12	9.748	-12.5	8.100
-8.5	94.696	-9.5	77.157	-10.5	29.025	-11	23.971	-11.5	17.219	-12	13.863
-8	97.063	-9	82.301	-10	37.880	-10.5	35.471	-11	32.071	-11.5	24.421
-7.5	97.952	-8.5	83.779	-9.5	51.071	-10	47.683	-10.5	36.187	-11	27.237
-7	98.272	-8	85.437	-9	64.592	-9.5	49.701	-10	37.215	-10.5	28.406
-6.5	98.901	-7.5	85.567	-8.5	65.621	-9	49.780	-9.5	37.974	-10	28.765
-6	98.542	-7	85.927	-8	66.290	-8.5	51.169	-9	38.284	-9.5	29.224
-5.5	98.851	-6.5	86.236	-7.5	66.830	-8	51.169	-9	38.284	-9.5	29.614
-5	98.981	-6	86.636	-7	67.499	-7.5	53.046	-8	40.132	-9	30.284
-4.5	99.341	-5.5	86.596	-6.5	67.858	-7	52.247	-8	39.363	-9	30.284
-4	99.570	-5	86.816	-6	68.168	-6.5	52.737	-7.5	39.672	-8.5	30.733
-3.5	99.570	-4.5	86.935	-5.5	68.348	-6	53.046	-7	40.132	-8	31.003
-3	99.121	-4	87.315	-5	69.017	-5.5	52.866	-6.5	40.521	-7.5	31.512
-2	99.530	-3.5	87.225	-4.5	68.887	-5	53.406	-6	41.200	-7	31.822
-2	99.341	-3	87.175	-4	69.287	-4.5	53.406	-5.5	41.021	-6.5	31.822
-1.5	99.460	-2.5	87.045	-3.5	69.017	-4	53.765	-5	41.330	-6	31.582
-1	99.351	-2	86.906	-3	69.107	-3.5	53.675	-4.5	41.510	-5.5	31.982
-0.5	99.121	-1.5	87.445	-2.5	69.067	-3	53.855	-4	41.780	-5	32.111
0	98.811	-1	87.495	-2	69.506	-2.5	53.855	-3.5	41.780	-4	32.281
0.5	99.251	-0.5	86.906	-1.5	69.197	-2	53.945	-3	41.910	-3.5	32.201
1	99.341	0	87.315	-1	69.467	-1.5	53.945	-2.5	41.820	-3	32.471
1.5	99.051	0.5	87.085	-0.5	68.927	-1	54.165	-2	42.269	-2.5	32.431
2	98.901	1	87.175	0	69.377	-0.5	54.125	-1.5	42.179	-2	32.521
2.5	99.121	1.5	87.045	0.5	69.287	0	53.945	-1	42.089	-1.5	32.561
3	99.121	2	87.085	1	69.187	0.5	54.395	-0.5	42.139	-1	32.651
3.5	99.121	2.5	87.225	1.5	69.147	1	53.895	0	42.319	-0.5	32.431
4	99.880	3	87.495	2	69.067	1.5	54.075	0.5	42.000	0	32.521
4.5	99.161	3.5	87.625	2.5	68.887	2	54.165	1	42.000	0.3	32.561
5	99.430	4	87.265	3	69.017	2.5	54.125	1.5	41.870	1	32.431
5.5	99.700	4.5	87.225	3.5	68.797	3	53.945	2	41.960	1.5	32.431
6	99.341	5	86.636	4	68.887	3.5	53.985	2.5	41.960	2	32.431
6.5	98.631	5.5	86.776	4.5	68.797	4	53.945	3	41.550	2.5	32.241
7	98.851	6	85.967	5	68.438	4.5	54.035	3.5	41.600	3	32.251
7.5	98.582	6.5	85.326	5.5	68.144	5	53.366	4	41.640	3.5	32.161
8	98.432	7	85.347	6	67.858	5.5	53.366	4.5	41.600	4	32.251
8.5	98.092	7.5	85.238	6.5	67.589	6	52.647	5	41.151	4.5	32.111
9	97.643	8	84.319	7	67.009	6.5	52.607	5.5	41.330	5	31.762
9.5	94.956	8.5	83.639	7.5	67.089	7	52.157	6	41.021	5.5	31.802
10	77.027	9	82.301	8	65.891	7.5	51.798	6.5	40.611	6	31.582
10.5	20.306	9.5	78.815	8.5	65.331	8	51.398	7	40.262	6.5	31.402
11	8.450	10	50.190	9	64.413	8.5	50.629	7.5	39.942	7	31.222
11.5	6.752	10.5	14.093	9.5	63.604	9	49.870	8	39.493	7.5	30.553
12	6.043	11	9.079	10	60.657	9.5	48.981	8.5	39.183	8	30.413
12.5	5.364	11.5	6.601	10.5	43.078	10	47.992	9	38.514	8.5	30.284
13	4.744	12	6.802	11	15.212	10.5	45.665	9.5	38.244	9	29.974
13.5	4.295	12.5	5.773	11.5	10.068	11	32.831	10	37.175	9.5	29.564
14	3.983	13	5.234	12	8.880	11.5	13.464	10.5	36.636	10	28.855
14.3	3.716	13.5	4.784	12.5	7.651	12	9.669	11	34.918	10.5	28.496
	3.216	14	4.295	13	6.802	12.5	8.280	11.5	26.708	11	27.597
		14.5	3.845	13.5	6.083	13	7.471	12	12.165	11.5	26.348
		15	3.486	14.5	5.054	13.5	6.665	12.5	6.630	12	20.959
				15	4.565	14.5	5.543	13	5.425	12.5	9.928
				15.5	4.165	15	5.054	13.5	6.133	13	7.291
				15.75	3.985	15.5	4.694	14.5	5.683	14	5.863
						16	4.295	15	5.144	14.5	5.453
						16.5	4.025	15.5	4.784	15	4.904
								16.5	4.165	16	4.604
								17.25	3.666	17	4.295
										17.5	3.716
										18	3.356
											3.216

PLANO X = -2 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-14.47											
-14	4.54	-15	4.73	-15.75	4.73	-16.5	4.49	-17.25	4.11	-18	3.53
-13.5	4.73	-14.5	4.98	-15.5	4.93	-16	4.93	-17	4.3	-17.5	3.77
-13	5.22	-14	5.51	-15	5.41	-15.5	5.31	-16.5	4.54	-17	4.06
-12.5	5.56	-13.5	5.94	-14.5	5.75	-15	5.75	-16	5.45	-16.5	4.55
-12	6.09	-13	6.37	-14	6.33	-14.5	6.18	-15.5	5.22	-16	4.59
-11.5	6.67	-12.5	6.91	-13.5	6.86	-14	6.76	-15	5.65	-15.5	4.83
-11	7.3	-12	7.78	-13	7.63	-13.5	7.44	-14.5	5.84	-15	5.22
-10.5	7.97	-11.5	8.65	-12.5	8.26	-13	8.07	-14	6.62	-14.5	5.65
-10	9.42	-11	10.15	-12	9.32	-12.5	8.94	-13.5	7.25	-14	6.14
-9.5	15.94	-10.5	13.77	-11.5	10.53	-12	9.05	-13	8.05	-13.5	6.52
-9	64.53	-10	41.79	-11	3	-11.5	12.03	-12.5	8.45	-13	7.25
-8.5	95.51	-9.5	77.59	-10.5	30.19	-11	24.78	-12	17.61	-12.5	8.41
-8	97.49	-9	83.14	-10	38.16	-10.5	34.11	-11.5	26.53	-12	18.16
-7.5	98.41	-8.5	84.4	-9.5	43.96	-10	48.21	-11	32.51	-11.5	24.59
-7	98.79	-8	85.17	-9	65.46	-9.5	49.57	-10.5	36.38	-11	27.49
-6.5	98.94	-7.5	85.65	-8.5	66.04	-9	50.39	-10	37.54	-10.5	28.5
-6	99.28	-7	86.52	-8	66.91	-8.5	50.82	-9.5	38.65	-10	29.23
-5.5	99.42	-6.5	86.33	-7.5	67.54	-8	51.84	-9	39.13	-9.5	29.57
-5	99.52	-6	87.05	-7	68.12	-7.5	51.79	-8.5	39.66	-9	30.15
-4.5	99.23	-5.5	87.25	-6.5	68.7	-7	52.46	-8	40.63	-8	31.02
-4	100	-5	86.86	-6	68.65	-6.5	53.19	-7.5	40.64	-7.5	31.4
-3.5	99.37	-4.5	87.49	-5.5	68.7	-6	53.35	-7	41.06	-7	31.64
-3	99.42	-4	87.44	-5	69.23	-5.5	53.82	-6.5	41.3	-6.5	31.74
-2.5	98.99	-3.5	87.3	-4.5	69.28	-5	53.91	-6	41.74	-6	32.08
-2	99.23	-3	87.05	-4	69.32	-4.5	54.25	-5.5	42.08	-5.5	32.42
-1.5	98.65	-2.5	87.19	-3.5	69.42	-4	54.11	-5	42.27	-4.5	32.61
-1	98.31	-2	86.86	-3	69.66	-3.5	54.4	-4.5	42.08	-4	32.71
-0.5	98.41	-1.5	87.05	-2.5	69.28	-3	54.25	-4	42.27	-3.5	32.46
0	98.21	-1	86.52	-2	69.57	-2.5	54.59	-3.5	42.17	-4	32.71
0.5	98.02	-0.5	86.52	-1.5	69.32	-2	54.44	-3	42.17	-3.5	32.46
1	98.36	0	86.47	-1	69.61	-1.5	54.59	-2.5	42.37	-3	32.8
1.5	98.41	0.5	86.81	-0.5	69.47	-1	54.4	-2	42.32	-2.5	32.85
2	98.79	1	86.43	0	69.52	-0.5	54.49	-1.5	42.42	-2	32.71
2.5	98.6	1.5	86.67	0.5	69.42	0	54.49	-1	42.42	-1.5	32.9
3	99.37	2	86.43	1	69.23	0.5	54.25	-0.5	42.51	-1	32.9
3.5	98.99	2.5	87.15	1.5	69.37	1	54.44	0	42.46	-0.5	32.9
4	99.76	3	87.01	2	69.32	1.5	54.44	0.5	42.32	0	32.8
4.5	99.28	3.5	87.2	2.5	69.76	2	54.46	1	42.42	0.5	32.8
5	99.61	4	86.96	3	69.61	2.5	54.23	1.5	42.22	1	32.71
5.5	99.57	4.5	86.86	3.5	69.13	3	54.25	2	42.61	1.5	32.9
6	99.18	5	87.01	4	69.66	3.5	54.3	2.5	42.32	2	32.85
6.5	99.32	5.5	86.76	4.5	69.28	4	54.3	3	42.27	2.5	32.9
7	99.18	6	86.62	5	69.08	4.5	53.96	3.5	42.42	3	32.61
7.5	98.55	6.5	86.67	5.5	68.79	5	54.06	4	41.88	3.5	32.61
8	98.31	7	86.04	6	68.41	5.5	53.87	4.5	42.13	4	32.61
8.5	98.16	7.5	85.36	6.5	67.87	6	53.43	5	41.98	4.5	32.46
9	97.39	8	84.25	7	67.87	6.5	53	5.5	41.84	5	32.32
9.5	95.36	8.5	84.25	7.5	67.25	7	53.04	6	41.3	5.5	32.22
10	75.99	9	82.56	8	66.37	7.5	52.32	6.5	41.16	6	31.93
10.5	19.71	9.5	78.79	8.5	65.85	8	51.79	7	40.77	6.5	31.79
11	7.3	10	49.9	9	64.93	8.5	50.87	7.5	40.48	7	31.45
11.5		10.5	14.16	9.5	63.87	9	50.34	8	40.29	7.5	31.26
12	6.23	11	9.28	10	60.77	9.5	49.71	8.5	39.57	8	30.87
12.5	5.46	11.5	7.83	10.5	42.56	10	48.55	9	38.99	8.5	30.44
13	5.02	12	6.91	11	15.36	10.5	45.94	9.5	38.45	9	30.44
13.5	4.59	12.5	6.04	11.5	10.44	11	33.14	10	37.78	9.5	29.86
14	4.2	13	5.56	12	8.94	11.5	13.62	10.5	36.86	10	29.37
14.47	3.87	13.5	4.78	12.5	7.78	12	9.76	11	35.12	10.5	28.5
	3.53	14	4.54	13	7.3	12.5	8.65	11.5	26.57	11	28.12
		14.5	4.25	13.5	6.3	13	7.63	12	12.42	11.5	26.57
		15	3.77	14.5	5.27	14	6.23	12.5	8.74	12	20.73
				15	4.69	14.5	5.8	13.5	7.05	13	7.49
				15.5	4.4	15	5.31	14	6.82	13.5	6.52
				15.75	4.2	15.5	4.78	14.5	6.85	14	6.02
						16	4.45	15	5.46	14.5	5.56
						16.5	4.2	15.5	4.95	15	5.12
								16	4.59	15.5	4.64
								16.5	4.2	16	4.4
								17	3.91	16.5	4.01
								17.25	3.82	17	3.82
										17.5	3.67
										18	3.53

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANO X=0 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-14.47											
-14	4.332	-15	4.571	-15.75	4.910	-16.5	4.661	-17.25	4.083	-18	3.705
-13.5	4.661	-14.5	4.999	-15.5	4.910	-16	4.949	-17	4.372	-17.5	3.705
-13	5.149	-14	5.487	-15	5.487	-15.5	5.437	-16.5	4.621	-17	4.133
-12.5	5.527	-13.5	5.965	-14.5	5.816	-15	5.876	-16	5.049	-16.5	4.282
-12	5.766	-13	6.344	-14	6.393	-14.5	6.344	-15.5	5.198	-16	4.710
-11.5	6.493	-12.5	7.120	-13.5	7.021	-14	6.782	-15	5.676	-15.5	4.850
-11	7.071	-12	7.827	-13	7.648	-13.5	7.499	-14.5	6.105	-15	5.338
-10.5	7.837	-11.5	8.704	-12.5	8.415	-13	7.987	-14	6.632	-14.5	5.577
-10	9.132	-11	9.909	-12	9.182	-12.5	8.943	-13.5	7.510	-14	6.254
-9.5	16.453	-10.5	13.803	-11.5	10.486	-12	10.048	-12.5	8.515	-13.5	7.310
-9	65.787	-10	42.514	-11	13.126	-11.5	12.359	-12	10.998	-12.5	8.665
-8.5	94.249	-9.5	77.857	-10.5	30.583	-11	25.006	-12	17.886	-12	14.380
-8	96.749	-9	82.368	-10	58.189	-10.5	46.336	-11.5	32.655	-11.5	24.817
-7.5	97.665	-8.5	84.101	-9.5	63.427	-10	47.991	-11	33.660	-11	26.595
-7	98.581	-8	84.918	-9	64.721	-9.5	49.385	-10.5	37.176	-10.5	28.512
-6.5	98.531	-7.5	85.545	-8.5	65.926	-9	50.132	-10	37.176	-10	28.950
-6	99.059	-7	85.834	-8	67.032	-8.5	50.969	-9.5	38.132	-9.5	29.520
-5.5	99.248	-6.5	86.073	-7.5	67.082	-8	51.596	-9	39.048	-9	30.006
-5	98.870	-6	86.700	-7	68.088	-7.5	52.174	-8.5	40.104	-8.5	30.583
-4.5	98.870	-5.5	86.601	-6.5	67.898	-7	52.701	-8	40.104	-8	31.161
-4	99.587	-5	87.129	-6	68.187	-6.5	53.140	-7.5	40.253	-7.5	31.610
-3.5	98.581	-4.5	87.178	-5.5	68.715	-6	53.468	-7	41.309	-7	31.610
-3	99.109	-4	86.989	-5	69.054	-5.5	53.717	-6.5	41.309	-6.5	31.838
-2.5	98.770	-3.5	86.890	-4.5	69.054	-5	53.568	-6	41.836	-6	32.266
-2	98.621	-3	86.750	-4	69.532	-4.5	54.006	-5.5	42.026	-5.5	32.516
-1.5	97.715	-2.5	86.601	-3.5	69.392	-4	54.245	-5	42.364	-4.5	32.316
-1	98.003	-2	86.362	-3	69.631	-3.5	54.295	-4.5	42.075	-4	32.485
-0.5	97.037	-1.5	86.272	-2.5	69.392	-3	54.245	-4	42.314	-3.5	32.605
0	96.848	-1	86.023	-2	69.243	-2.5	54.384	-3.5	42.314	-3	32.605
0.5	97.037	-0.5	85.645	-1.5	69.153	-2	54.096	-3	42.225	-2.5	32.794
1	97.187	0	85.694	-1	69.004	-1.5	54.006	-2.5	42.225	-2	32.794
1.5	97.376	0.5	85.406	-0.5	68.715	-1	53.906	-2	42.314	-1.5	32.555
2	97.665	1	85.334	0	69.153	-0.5	54.245	-1.5	42.125	-1	32.894
2.5	98.003	1.5	85.234	0.5	68.576	0	54.245	-1	41.936	-0.5	32.505
3	98.870	2	86.412	1	68.665	0.5	54.046	-0.5	41.976	0	32.605
3.5	98.581	2.5	86.461	1.5	68.904	1	53.807	0	42.125	0.5	32.744
4	98.770	3	86.601	2	69.153	1.5	54.245	1	42.175	1	32.744
4.5	98.870	3.5	86.840	2.5	69.103	2	54.145	1.5	42.464	1.5	32.744
5	99.348	4	86.461	3	69.293	2.5	54.145	2	42.464	2	32.794
5.5	99.009	4.5	86.890	3.5	69.581	3	53.956	2.5	42.675	2.5	32.694
6	99.395	5	86.511	4	69.392	3.5	54.245	3	42.414	3	32.605
6.5	99.009	5.5	86.840	4.5	69.293	4	54.096	3	42.125	3	32.694
7	98.720	6	86.561	5	68.665	4.5	54.006	3.5	42.225	3.5	32.555
7.5	98.671	6.5	85.884	5.5	68.615	5	53.956	4	41.886	4	32.505
8	97.854	7	85.645	6	68.576	5.5	53.667	4.5	41.597	4.5	32.505
8.5	97.565	7.5	85.067	6.5	67.799	6	53.518	5	41.159	5	32.167
9	96.699	8	84.101	7	67.271	6.5	53.229	5.5	40.920	5.5	31.689
9.5	94.727	8.5	83.723	7.5	67.510	7	52.652	6	40.920	6	31.977
10	75.019	9	82.040	8	66.315	7.5	52.333	6.5	40.442	7	31.838
10.5	19.579	9.5	78.574	8.5	66.076	8	51.696	7	40.153	7.5	31.300
11	8.365	10	49.196	9	64.582	8.5	51.208	7.5	39.865	8	30.822
11.5	6.921	10.5	14.141	9.5	64.004	9	49.963	8	39.287	8.5	30.583
12	6.204	11	9.331	10	60.738	9.5	49.385	8.5	38.520	9	30.195
12.5	5.577	11.5	7.937	10.5	42.265	10	48.230	9	37.654	9.5	29.816
13	4.969	12	6.921	11	15.247	10.5	45.969	9.5	36.887	10	29.328
13.5	4.571	12.5	5.917	11.5	10.337	11	32.505	10	35.504	10.5	28.850
14	4.332	13	5.527	12	8.943	11.5	33.325	10.5	35.104	11	27.934
14.47	3.804	13.5	4.850	12.5	7.937	12	9.809	11	26.500	11.5	26.629
		14	4.661	13	7.120	12.5	8.564	11.5	25.500	12	25.500
		14.5	4.043	13.5	6.393	13	7.837	12	24.500	12.5	24.500
		15	3.804	14	5.627	13.5	6.921	12.5	23.500	13	23.500
				14.5	5.338	14	6.393	13	22.500	13.5	22.500
				15	4.661	14.5	5.816	13.5	21.500	14	21.500
				15.5	4.471	15	5.288	14	20.500	14.5	20.500
				15.75	4.282	15.5	4.910	14.5	19.500	15	19.500
						16	4.571	15	18.500	15.5	18.500
						16.5	4.372	15.5	17.500	16	17.500
								16.5	16.500	16.5	16.500
								17.25	15.500	17	15.500
									14.500	17.5	14.500
									13.500	18	13.500



PLANO X - 2 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-14.47											
-14	4.128	-15	4.396	-15.75	4.625	-16.5	4.396	-17.25	4.178	-18	3.196
-13.5	4.446	-14.5	4.883	-15.5	4.883	-16	4.664	-17	4.178	-17.5	3.602
-13	4.793	-14	5.240	-15	5.131	-15.5	5.061	-16.5	4.357	-17	3.821
-12.5	5.260	-13.5	5.647	-14.5	5.087	-15	5.288	-16	4.754	-16.5	4.267
-12	5.597	-13	6.222	-14	6.133	-14.5	5.954	-15.5	5.061	-16	4.486
-11.5	6.173	-12.5	6.798	-13.5	6.709	-14	6.659	-15	5.508	-15.5	4.843
-11	6.927	-12	7.642	-13	7.423	-13.5	7.283	-14.5	5.925	-15	5.240
-10.5	7.731	-11.5	8.483	-12.5	8.088	-13	7.820	-14	6.490	-14.5	5.468
-10	9.061	-11	9.954	-12	9.061	-12.5	8.374	-13.5	7.106	-14	5.994
-9.5	10.216	-10.5	10.814	-11.5	10.262	-12	9.755	-13	7.721	-13.5	6.519
-9	66.680	-10	14.023	-11	10.278	-11.5	12.127	-12.5	8.396	-13	7.245
-8.5	94.487	-9.5	77.696	-10.5	31.360	-11	25.634	-12	10.083	-12.5	8.485
-8	97.018	-9	82.142	-10	38.413	-10.5	44.113	-11.5	18.260	-12	14.638
-7.5	97.554	-8.5	83.688	-9.5	63.038	-10	47.884	-11	24.700	-11.5	24.741
-7	98.129	-8	84.623	-9	64.596	-9.5	49.223	-10.5	36.342	-11	27.500
-6.5	98.308	-7.5	85.777	-8.5	65.458	-9	50.285	-10	37.096	-10.5	28.954
-6	98.437	-7	85.873	-8	66.372	-8.5	50.772	-9.5	38.118	-10	28.879
-5.5	98.844	-6.5	86.230	-7.5	66.809	-8	51.446	-9	38.605	-9.5	29.455
-5	98.794	-6	86.578	-7	67.255	-7.5	51.972	-8.5	39.409	-9	29.832
-4.5	99.241	-5.5	86.578	-6.5	68.238	-7	52.469	-8	39.627	-8.5	30.249
-4	98.933	-5	86.667	-6	68.278	-6.5	52.379	-7.5	40.113	-8	30.834
-3.5	99.241	-4.5	87.074	-5.5	68.417	-6	52.905	-7	40.599	-7.5	30.983
-3	98.665	-4	86.806	-5	68.724	-5.5	53.352	-6.5	41.046	-7	31.360
-2.5	98.754	-3.5	86.895	-4.5	69.081	-5	53.620	-6	41.225	-6.5	31.678
-2	98.437	-3	86.717	-4	68.992	-4.5	53.838	-5.5	41.314	-6	31.767
-1.5	98.437	-2.5	86.806	-3.5	69.349	-4	53.838	-5	41.274	-5.5	32.025
-1	97.861	-2	86.399	-3	69.260	-3.5	53.749	-4.5	41.622	-5	32.204
-0.5	97.554	-1.5	85.784	-2.5	69.032	-3	54.156	-4	41.671	-4.5	32.343
0	97.593	-1	86.091	-2	69.171	-2.5	54.066	-3.5	41.582	-4	32.630
0.5	97.772	-0.5	86.091	-1.5	69.349	-2	54.156	-3	42.118	-3.5	32.561
1	97.951	0	85.784	-1	69.032	-1.5	54.285	-2.5	41.890	-3	32.650
1.5	98.179	0.5	86.230	-0.5	69.260	-1	54.195	-2	42.286	-2.5	32.432
2	97.861	1	86.141	0	69.171	-0.5	54.285	-1.5	42.068	-2	32.918
2.5	98.179	1.5	86.091	0.5	69.032	0	54.106	-1	42.425	-1.5	32.561
3	97.822	2	86.270	1	69.032	0.5	54.017	-0.5	42.286	-1	32.829
3.5	98.794	2.5	86.359	1.5	68.635	1	54.285	0	42.286	-0.5	32.700
4	98.397	3	86.578	2	69.032	1.5	54.195	0.5	42.207	0	32.700
4.5	99.062	3.5	86.717	2.5	69.210	2	54.066	1	42.118	0.5	32.343
5	98.933	4	87.024	3	69.478	2.5	54.017	1.5	41.622	1	32.561
5.5	98.794	4.5	86.310	3.5	68.903	3	54.334	2	41.979	1.5	32.789
6	98.754	5	86.667	4	69.032	3.5	54.414	2.5	42.028	2	32.561
6.5	98.437	5.5	86.399	4.5	68.724	4	54.066	3	41.939	2.5	32.611
7	98.089	6	86.449	5	68.992	4.5	54.066	3.5	41.979	3	32.432
7.5	98.179	6.5	85.784	5.5	68.814	5	53.709	4	41.850	3.5	32.561
8	98.089	7	85.823	6	68.764	5.5	53.838	4.5	41.582	4	32.293
8.5	97.107	7.5	84.940	6.5	67.831	6	53.352	5	41.443	4.5	32.393
9	96.978	8	84.533	7	67.216	6.5	53.173	5.5	41.314	5	32.075
9.5	94.844	8.5	83.600	7.5	66.987	7	52.548	6	41.096	5.5	32.293
10	73.785	9	82.578	8	66.283	7.5	52.240	6.5	40.917	6	31.816
10.5	18.657	9.5	78.053	8.5	65.529	8	51.357	7	40.560	6.5	31.717
11	8.535	10	47.397	9	64.417	8.5	50.821	7.5	40.470	7	31.410
11.5	7.195	10.5	13.457	9.5	63.077	9	50.285	8	39.756	7.5	31.221
12	6.173	11	9.061	10	60.189	9.5	49.263	8.5	39.319	8	30.834
12.5	5.597	11.5	7.771	10.5	41.225	10	48.152	9	38.644	8.5	30.606
13	4.972	12	6.798	11	14.797	10.5	45.581	9.5	38.337	9	30.030
13.5	4.486	12.5	6.044	11.5	10.262	11	31.539	10	37.582	9.5	29.673
14	4.218	13	5.329	12	8.753	11.5	13.199	10.5	36.689	10	29.058
14.47	3.781	13.5	4.793	12.5	7.771	12	9.854	11	35.002	10.5	28.611
	3.464	14	4.446	13	7.066	12.5	8.485	11.5	25.942	11	27.768
		14.5	4.128	13.5	6.133	13	7.681	12	11.949	11.5	26.507
		15	3.781	14	5.887	13.5	6.825	12.5	8.664	12	19.679
				14.5	5.240	14	6.262	13	7.642	12.5	9.815
				15	4.664	14.5	5.726	13.5	7.106	13	7.334
					4.267	15	5.239	14	6.401	13.5	6.530
					4.307	15.5	4.883	14.5	5.816	14	6.044
						16	4.446	15	5.240	14.5	5.508
						16.5	4.218	15.5	4.883	15	5.061
								16	4.623	15.5	4.623
								16.5	4.307	16	4.307
								17	3.861	16.5	4.039
								17.25	3.731	17	3.781
										17.5	3.513
										18	3.245

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANO X = 4 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-14.47											
-14	4.011	-15	4.239	-15.75	4.507	-16.5	4.279	-17.25	3.921	-18	3.296
-13.5	4.189	-14.5	4.547	-15.5	4.547	-16	4.636	-17	3.971	-17.5	3.385
-13	4.347	-14	4.993	-15	4.864	-15.5	4.904	-16.5	4.239	-17	3.792
-12.5	4.593	-13.5	5.261	-14.5	5.222	-15	5.440	-16	4.547	-16.5	4.011
-12	5.490	-13	5.847	-14	5.936	-14.5	5.977	-15.5	4.904	-16	4.368
-11.5	5.976	-12.5	6.465	-13.5	6.334	-14	6.284	-15	5.400	-15.5	4.725
-11	6.512	-12	7.227	-13	6.999	-13.5	7.048	-14.5	5.797	-15	4.993
-10.5	7.445	-11.5	7.981	-12.5	7.852	-13	7.884	-14	6.284	-14.5	5.529
-10	8.746	-11	9.679	-12	8.786	-12.5	8.339	-13.5	6.909	-14	5.797
-9.5	16.548	-10.5	13.600	-11.5	10.036	-12	9.300	-13	7.356	-13.5	7.088
-9	67.474	-10	44.642	-11	12.796	-11.5	11.913	-12.5	8.299	-13	8.299
-8.5	94.046	-9.5	77.600	-10.5	31.221	-11	25.691	-12	9.719	-12.5	8.299
-8	96.372	-9	82.276	-10	38.202	-10.5	43.888	-11.5	18.196	-12	14.583
-7.5	97.484	-8.5	83.665	-9.5	62.832	-10	47.719	-11	32.422	-11.5	24.619
-7	97.980	-8	84.420	-9	64.000	-9.5	48.792	-10.5	36.035	-11	27.290
-6.5	98.467	-7.5	84.956	-8.5	65.201	-9	49.993	-10	36.929	-10.5	28.004
-6	98.338	-7	85.621	-8	65.648	-8.5	50.211	-9.5	37.773	-10	28.679
-5.5	98.556	-6.5	85.760	-7.5	66.452	-8	51.154	-9	38.180	-9.5	29.166
-5	98.645	-6	86.246	-7	66.809	-7.5	51.690	-8.5	38.484	-9	29.394
-4.5	99.003	-5.5	86.117	-6.5	67.435	-7	52.087	-8	39.331	-8.5	30.099
-4	98.824	-5	86.961	-6	67.385	-6.5	52.226	-7.5	39.688	-8	30.238
-3.5	99.181	-4.5	86.832	-5.5	68.100	-6	52.534	-7	40.514	-7.5	30.774
-3	98.824	-4	86.504	-5	68.050	-5.5	52.802	-6.5	40.403	-7	30.863
-2.5	99.231	-3.5	87.229	-4.5	68.457	-5	53.110	-6	40.721	-6.5	31.350
-2	99.003	-3	86.872	-4	68.586	-4.5	53.249	-5.5	40.939	-6	31.550
-1.5	98.824	-2.5	87.011	-3.5	69.033	-4	53.527	-5	41.386	-5.5	31.528
-1	98.735	-2	86.856	-3	69.033	-3.5	53.825	-4.5	41.475	-5	31.796
-0.5	98.645	-1.5	86.832	-2.5	68.765	-3	53.646	-4	41.336	-4.5	31.886
0	99.092	-1	86.564	-2	69.033	-2.5	53.914	-3.5	41.565	-4	32.154
0.5	98.516	-0.5	86.693	-1.5	68.765	-2	53.825	-3	41.694	-3.5	32.293
1	98.913	0	86.743	-1	69.172	-1.5	53.874	-2.5	41.475	-3	32.243
1.5	98.695	0.5	87.011	-0.5	68.993	-1	53.825	-2	41.743	-2.5	32.382
2	98.784	1	86.872	0	69.261	-0.5	53.914	-1.5	41.922	-2	32.462
2.5	99.003	1.5	86.872	0.5	69.083	0	53.874	-1	42.101	-1.5	32.462
3	99.092	2	86.983	1	69.172	0.5	53.964	-0.5	41.872	-1	32.551
3.5	98.913	2.5	87.100	1.5	69.261	1	53.914	0	42.051	-0.5	32.601
4	99.271	3	86.743	2	69.351	1.5	53.785	0.5	42.051	0	32.651
4.5	98.784	3.5	86.693	2.5	69.172	2	53.874	1	41.922	0.5	32.382
5	99.032	4	85.978	3	69.212	2.5	54.053	1.5	41.922	1	32.382
5.5	98.784	4.5	86.314	3.5	68.904	3	53.785	2	41.783	1.5	32.333
6	99.052	5	86.246	4	68.854	3.5	53.696	2.5	41.783	2	32.025
6.5	98.338	5.5	86.068	4.5	68.586	4	53.696	3	41.743	2.5	32.243
7	98.199	6	86.068	5	68.368	4.5	53.557	3.5	41.565	3	32.154
7.5	97.802	6.5	85.532	5.5	67.921	5	53.160	4	41.475	3.5	32.064
8	97.841	7	85.174	6	67.782	5.5	53.199	4.5	41.207	4	32.064
8.5	97.127	7.5	84.509	6.5	67.206	6	52.355	5	41.207	4.5	32.025
9	96.461	8	84.331	7	66.849	6.5	52.405	5.5	40.761	5	31.796
9.5	96.675	8.5	83.348	7.5	65.866	7	51.641	6	40.810	5.5	31.707
10	72.875	9	82.037	8	65.956	7.5	51.462	6.5	40.453	6	31.489
10.5	18.057	9.5	77.550	8.5	64.665	8	50.976	7	40.095	6.5	31.300
11	8.210	10	46.290	9	64.000	8.5	50.171	7.5	39.827	7	31.171
11.5	6.780	10.5	13.243	9.5	62.699	9	49.396	8	39.559	7.5	30.903
12	6.026	11	5.924	10	59.900	9.5	48.563	8.5	38.884	8	30.456
12.5	5.351	11.5	7.406	10.5	40.093	10	47.541	9	38.438	8.5	30.059
13	4.775	12	6.512	11	14.315	10.5	45.039	9.5	37.822	9	29.563
13.5	4.328	12.5	5.619	11.5	9.858	11	30.595	10	37.107	9.5	29.394
14	3.614	13	5.351	12	8.478	11.5	12.756	10.5	36.482	10	28.769
14.47	3.256	13.5	4.596	12.5	7.272	12	9.272	11	36.298	10.5	28.548
		14	4.239	13	6.780	12.5	8.120	11.5	35.423	11	27.607
		14.5	3.792	13.5	6.026	13	7.356	12	35.159	11.5	26.227
		15	3.614	14	5.529	13.5	6.691	12.5	34.878	12	25.947
		15.5		14.5	4.864	14	6.026	13	33.556	12.5	9.500
		16		15	4.368	14.5	5.440	13.5	33.133	13	7.267
		17		15.5	4.060	15	5.083	14	32.775	14	6.115
		18		16	3.882	15.5	4.596	14.5	32.619	14.5	5.758
				17		16	4.279	15	32.043	15	5.400
				17.5		16.5	3.971	15.5	31.528	15.5	4.507
								16	31.060	16	4.100
								17	30.543	16.5	3.743
								17.25	30.14	17	3.653
									17.5	17.5	3.345
									18	18	3.296

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANO X = 6 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-14.47	3.589	-15	3.857	-15.75	4.035	-16.5	4.035	-17.25	3.629	-18	3.133
-14	3.946	-14.5	4.124	-15.5	4.253	-16	4.342	-17	3.718	-17.5	3.222
-13.5	4.233	-14	4.481	-15	4.570	-15.5	4.610	-16.5	4.124	-17	3.500
-13	4.481	-13.5	4.977	-14.5	4.788	-15	4.927	-16	4.432	-16.5	3.847
-12.5	4.777	-13	5.423	-14	5.312	-14.5	5.373	-15.5	4.610	-16	4.214
-12	5.463	-12.5	5.958	-13.5	5.958	-14	5.869	-15	5.106	-15.5	4.342
-11.5	6.008	-12	6.722	-13	6.583	-13.5	6.494	-14.5	5.212	-15	4.798
-11	6.851	-11.5	7.614	-12.5	7.436	-13	7.128	-14	5.820	-14.5	4.977
-10.5	8.021	-11	9.052	-12	8.199	-12.5	7.842	-13.5	6.315	-14	5.552
-10	16.130	-10.5	13.176	-11.5	9.359	-12	8.913	-13	7.029	-13.5	6.008
-9.5	68.189	-10	44.663	-11	12.274	-11.5	11.203	-12.5	7.842	-13	6.944
-9	94.075	-9.5	77.459	-10.5	31.269	-11	25.360	-12	9.359	-12.5	7.882
-8.5	95.919	-9	81.623	-10	37.700	-10.5	43.632	-11.5	12.964	-12	11.804
-8	96.950	-8.5	83.100	-9.5	61.914	-10	46.814	-11	32.032	-11.5	24.240
-7.5	97.168	-8	83.913	-9	63.212	-9.5	48.252	-10.5	35.344	-11	26.837
-7	97.842	-7.5	84.399	-8.5	64.343	-9	48.688	-10	36.107	-10.5	27.600
-6.5	97.931	-7	84.855	-8	64.868	-8.5	49.501	-9.5	36.920	-10	27.958
-6	97.931	-6.5	84.894	-7.5	65.364	-8	49.997	-9	37.406	-9.5	28.672
-5.5	98.338	-6	85.569	-7	65.910	-7.5	50.532	-8.5	37.852	-9	28.810
-5	98.467	-5.5	85.569	-6.5	66.167	-7	51.067	-8	38.526	-8.5	29.286
-4.5	98.734	-5	85.975	-6	66.702	-6.5	51.385	-7.5	38.993	-8	29.564
-4	99.002	-4.5	86.193	-5.5	66.930	-6	51.831	-7	39.518	-7.5	30.020
-3.5	98.338	-4	86.372	-5	67.247	-5.5	51.791	-6.5	39.696	-7	30.288
-3	98.516	-3.5	86.332	-4.5	67.515	-5	52.099	-6	39.874	-6.5	30.644
-2.5	98.734	-3	86.907	-4	67.822	-4.5	52.148	-5.5	40.053	-6	30.734
-2	98.288	-2.5	86.818	-3.5	67.872	-4	52.912	-5	40.231	-5.5	31.001
-1.5	98.824	-2	86.530	-3	68.407	-3.5	52.594	-4.5	40.231	-5	31.229
-1	98.784	-1.5	86.193	-2.5	67.575	-3	53.040	-4	40.727	-4.5	31.229
-0.5	98.556	-1	86.372	-2	68.189	-2.5	53.090	-3.5	40.678	-4	31.269
0	98.516	-0.5	86.153	-1.5	68.050	-2	52.951	-3	40.906	-3.5	31.497
0.5	98.784	0	86.064	-1	68.496	-1.5	53.090	-2.5	41.034	-3	31.586
1	98.378	0.5	86.064	-0.5	68.189	-1	53.090	-2	40.856	-2.5	31.715
1.5	98.606	1	85.925	0	68.586	-0.5	52.912	-1.5	41.084	-2	31.626
2	98.645	1.5	85.925	0.5	68.229	0	52.822	-1	40.995	-1.5	31.943
2.5	99.141	2	85.886	0.5	68.050	0.5	53.001	-0.5	41.084	-1	31.943
3	98.784	2.5	85.925	1.5	68.229	1	52.951	0	40.995	-0.5	32.032
3.5	99.052	3	85.975	2	68.368	1.5	53.130	0.5	41.441	0	31.804
4	98.873	3.5	86.153	2.5	67.872	2	52.862	1	40.945	0.5	31.715
4.5	99.101	4	85.836	3	67.644	2.5	52.733	1.5	41.084	1	31.854
5	98.734	4.5	86.372	3.5	67.555	3	52.773	2	41.084	1.5	31.804
5.5	98.467	5	85.697	4	67.555	3.5	52.594	2.5	40.995	2	31.626
6	97.892	5.5	85.836	4.5	67.158	4	52.366	3	40.678	2.5	31.765
6.5	97.703	6	85.212	5	67.108	4.5	52.683	3.5	40.638	3	31.626
7	97.614	6.5	85.301	5.5	66.890	5	52.188	4	40.410	3.5	31.358
7.5	97.793	7	84.577	6	66.801	5.5	51.970	4.5	40.588	4	31.497
8	97.257	7.5	83.913	6.5	66.295	6	51.613	5	40.231	4.5	31.229
8.5	96.097	8	83.328	7	65.770	6.5	51.742	5.5	40.360	5	31.626
9	94.442	8.5	82.882	7.5	65.403	7	51.067	6	39.825	5.5	31.051
9.5	71.728	9	81.355	8	64.957	7.5	50.621	6.5	39.646	6	30.962
10	17.201	9.5	77.142	8.5	64.105	8	49.908	7	39.428	6.5	30.327
10.5	7.753	10	44.732	9	63.034	8.5	49.640	7.5	38.843	7	30.377
11	6.236	10.5	12.412	9.5	62.092	9	48.648	8	38.794	7.5	29.931
11.5	5.552	11	8.288	10	58.870	9.5	47.717	8.5	38.308	8	29.752
12	4.927	11.5	6.900	10.5	39.022	10	46.904	9	37.812	8.5	29.475
12.5	4.382	12	6.008	11	13.444	10.5	44.177	9.5	37.277	9	29.167
13	4.075	12.5	5.463	11.5	9.002	11	29.841	10	36.464	9.5	28.672
13.5	3.718	13	4.888	12	7.882	11.5	11.966	10.5	33.978	10	28.265
14	3.412	13.5	4.342	12.5	6.900	12	8.248	11	32.545	10.5	27.810
14.47	3.182	14	3.986	13	6.137	12.5	7.664	11.5	24.637	11	27.056
		14.5	3.678	13.5	5.552	13	7.029	12	10.886	11.5	25.846
		15.0	3.401	14	4.927	13.5	6.927	12.5	7.882	12	18.478
				14.5	4.660	14	5.602	13	6.949	12.5	15.952
				15	4.342	14.5	5.155	13.5	6.226	13	6.633
				15.5	3.865	15	4.660	14	5.780	13.5	6.008
				15.75	3.718	15.5	4.342	14.5	5.106	14	5.512
						16	4.035	15	4.838	14.5	5.066
						16.5	3.718	15.5	4.432	15	4.610
								16	4.124	15.5	4.392
								16.5	3.718	16	3.986
								17	3.509	16.5	3.767
								17.25	3.401	17	3.450
										17.5	3.232
										18	3.093

PLANO X = 8 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-14.7	2.934	-15	3.193	-15.75	3.534	-16.5	3.401	-17.25	3.109	-18	2.809
-14	3.109	-14.5	3.451	-15.5	3.334	-16	3.659	-17	3.151	-17.5	2.934
-13.5	3.359	-14	3.659	-15	3.876	-15.5	3.918	-16.5	3.493	-17	3.276
-13	3.618	-13.5	4.085	-14.5	4.085	-15	4.269	-16	3.701	-16.5	3.534
-12.5	4.001	-13	4.426	-14	4.635	-14.5	4.551	-15.5	4.085	-16	3.743
-12	4.426	-12.5	4.893	-13.5	4.851	-14	5.018	-15	4.301	-15.5	4.085
-11.5	4.593	-12	5.277	-13	5.443	-13.5	5.277	-14.5	4.551	-15	4.385
-11	5.277	-11.5	5.960	-12.5	5.960	-13	5.827	-14	4.893	-14.5	4.385
-10.5	6.085	-11	6.977	-12	6.677	-12.5	6.635	-13.5	5.318	-14	4.645
-10	12.812	-10.5	10.386	-11.5	7.536	-12	7.161	-13	5.209	-13.5	5.152
-9.5	57.400	-10	40.337	-11	10.045	-11.5	9.528	-12.5	6.594	-13	5.702
-9	77.614	-9.5	69.870	-10.5	28.467	-11	22.932	-12	7.961	-12.5	6.645
-8.5	79.490	-9	73.063	-10	32.549	-10.5	39.570	-11.5	15.213	-12	13.062
-8	79.615	-8.5	73.096	-9.5	36.208	-10	42.596	-11	29.317	-11.5	22.298
-7.5	80.123	-8	74.463	-9	37.400	-9.5	43.704	-10.5	32.084	-11	24.424
-7	80.423	-7.5	74.763	-8.5	38.042	-9	44.721	-10	32.851	-10.5	24.974
-6.5	80.673	-7	75.447	-8	38.592	-8.5	45.747	-9.5	33.576	-10	25.491
-6	80.765	-6.5	75.530	-7.5	38.850	-8	45.146	-9	34.210	-9.5	25.916
-5.5	81.015	-6	75.780	-7	39.226	-7.5	45.655	-8.5	34.203	-9	26.216
-5	81.637	-5.5	76.639	-6.5	39.150	-7	45.747	-8	34.893	-8.5	26.724
-4.5	81.315	-5	76.505	-6	39.867	-6.5	46.297	-7.5	35.194	-8	26.849
-4	81.824	-4.5	76.972	-5.5	39.959	-6	46.555	-7	35.577	-7.5	27.025
-3.5	81.907	-4	76.806	-5	40.292	-5.5	46.722	-6.5	35.744	-7	27.491
-3	81.957	-3.5	76.889	-4.5	40.393	-5	46.980	-6	36.085	-6.5	27.875
-2.5	81.957	-3	76.889	-4	40.893	-4.5	47.364	-5.5	36.127	-6	27.916
-2	81.907	-2.5	76.589	-3.5	41.018	-4	47.364	-5	36.386	-5.5	27.916
-1.5	81.907	-2	76.589	-3	41.143	-3.5	47.314	-4.5	36.511	-5	28.167
-1	82.082	-1.5	76.680	-2.5	41.018	-3	47.447	-4	36.811	-4.5	28.300
-0.5	82.549	-1	76.911	-2	41.234	-2.5	47.405	-3.5	36.761	-4	28.258
0	82.507	-0.5	76.422	-1.5	41.234	-2	47.739	-3	36.936	-3.5	28.550
0.5	82.932	0	76.547	-1	41.359	-1.5	47.872	-2.5	36.894	-3	28.550
1	82.716	0.5	76.589	-0.5	41.276	-1	47.997	-2	37.061	-2.5	28.767
1.5	83.149	1	76.889	0	41.276	-0.5	47.655	-1.5	36.977	-2	28.633
2	83.016	1.5	76.806	0.5	41.318	0	48.001	-1	37.144	-1.5	28.725
2.5	83.357	2	76.680	1	41.443	0.5	47.831	-0.5	37.102	-1	28.808
3	82.974	2.5	76.464	1.5	41.359	1	47.739	0	36.936	-0.5	28.850
3.5	83.191	3	76.380	2	41.011	1.5	47.739	0.5	36.894	0	28.920
4	83.149	3.5	76.547	2.5	41.059	2	47.697	1	37.102	0.5	29.108
4.5	83.191	4	76.255	3	40.759	2.5	47.739	1.5	36.936	1	28.683
5	83.232	4.5	76.589	3.5	40.809	3	47.572	2	36.811	1.5	28.750
5.5	82.891	5	76.547	4	40.426	3.5	47.530	2.5	36.636	2	28.767
6	83.099	5.5	76.164	4.5	40.851	4	47.189	3	36.719	2.5	28.725
6.5	82.891	6	75.830	5	40.209	4.5	47.314	3.5	36.719	3	28.633
7	82.932	6.5	76.039	5.5	39.826	5	46.930	4	36.594	3.5	28.550
7.5	82.807	7	75.447	6	39.742	5.5	46.680	4.5	36.511	4	28.508
8	82.382	7.5	75.614	6.5	39.359	6	46.597	5	36.336	4.5	28.508
8.5	81.148	8	75.188	7	39.359	6.5	46.422	5.5	36.386	5	28.167
9	81.148	8.5	74.380	7.5	38.934	7	45.955	6	36.002	5.5	27.741
9.5	80.851	9	72.888	8	38.509	7.5	45.728	6.5	35.827	6	27.658
10	12.979	9.5	69.787	8.5	37.958	8	45.188	7	35.660	6.5	27.741
10.5	5.702	10	39.103	9	37.192	8.5	44.888	7.5	35.402	7	27.491
11	4.810	10.5	9.870	9.5	36.591	9	44.421	8	34.893	7.5	27.025
11.5	4.468	11	6.427	10	33.824	9.5	43.613	8.5	34.852	8	27.025
12	3.918	11.5	5.577	10.5	34.810	10	42.762	9	34.343	8.5	26.466
12.5	3.659	12	4.768	11	11.062	10.5	40.512	9.5	34.002	9	26.216
13	3.234	12.5	4.343	11.5	7.444	11	26.466	10	33.276	9.5	26.216
13.5	3.018	13	3.960	12	6.469	11.5	10.003	10.5	32.551	10	25.782
14	2.893	13.5	3.618	12.5	5.618	12	7.135	11	30.767	10.5	25.377
14.47	2.642	14	3.234	13	5.110	12.5	6.252	11.5	22.040	11	24.640
		14.5	3.018	13.5	4.635	13	5.577	12	9.361	11.5	23.552
		15	2.893	14	4.126	13.5	5.193	12.5	6.810	12	16.980
				14.5	3.960	14	4.635	13	5.868	12.5	7.827
				15	3.534	14.5	4.260	13.5	5.360	13	5.702
					3.359	15	4.085	14	4.893	13.5	5.325
				15.75	3.234	15.5	3.659	14.5	4.043	14	4.726
						16	3.493	15	3.776	14.5	4.343
						16.5	3.193	15.5	3.234	15	4.001
								16	3.068	15.5	3.659
								16.5	2.893	16	3.493
								17	2.743	16.5	3.151
								17.25	3.068	17	3.018
										17.5	2.934
											2.642

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## MEDIDAS PARA EL CAMPO PARAMETRIAL

PLANO X = -8 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-13	4.224	-13	4.165	-13.65	4.140	-14.3	4.014	-14.95	3.905	-15.6	3.176
-12.5	4.123	-12.5	4.127	-13.5	4.274	-14	4.140	-14.3	3.972	-15.3	3.143
-12	4.576	-12	5.154	-13	4.903	-13.3	4.634	-14	4.190	-15	3.654
-11.5	5.062	-11.5	5.682	-12.5	5.121	-13	5.121	-13.3	4.433	-14.5	3.922
-11	5.322	-11	6.621	-12	5.841	-12.5	5.565	-13	4.945	-14	4.030
-10.5	6.143	-10.5	9.344	-11.5	6.738	-12	6.235	-12.5	5.372	-13.5	4.308
-10	11.113	-10	32.290	-11	8.548	-11.5	7.566	-12	6.512	-13	4.885
-9.5	49.781	-9.5	62.427	-10.5	21.703	-11	18.035	-11.5	12.319	-12.5	5.364
-9	75.149	-9	65.637	-10	46.554	-10.3	35.274	-11	25.184	-12	9.881
-8.5	77.370	-8.5	67.631	-9.5	30.962	-10	36.334	-10.5	28.838	-11.5	19.141
-8	80.119	-8	70.707	-9	32.127	-9.5	40.269	-10	29.592	-11	21.924
-7.5	82.222	-7.5	70.674	-8.5	53.376	-9	40.269	-9.5	30.229	-10.5	22.527
-7	82.532	-7	70.690	-8	34.047	-8.5	40.245	-9	30.405	-10	22.890
-6.5	82.624	-6.5	71.593	-7.5	34.273	-8	40.973	-8.5	30.941	-9.5	23.198
-6	82.758	-6	71.763	-7	54.306	-7.5	41.073	-8	31.260	-9	23.541
-5.5	83.069	-5.5	71.688	-6.5	34.675	-7	41.710	-7.5	31.578	-8.5	23.633
-5	83.234	-5	71.822	-6	35.019	-6.5	41.886	-7	31.712	-8	23.831
-4.5	83.462	-4.5	71.989	-5.5	54.952	-6	42.104	-6.5	31.980	-7.5	24.178
-4	82.834	-4	72.140	-5	35.463	-5.5	42.431	-6	32.190	-7	24.346
-3.5	83.479	-3.5	72.249	-4.5	35.521	-5	42.540	-5.5	32.399	-6.5	24.748
-3	83.127	-3	72.559	-4	56.058	-4.5	42.716	-5	32.601	-6	24.672
-2.5	83.303	-2.5	72.140	-3.5	35.765	-4	43.127	-4.5	32.818	-5.5	24.865
-2	82.951	-2	72.400	-3	36.142	-3.5	43.152	-4	32.818	-5	25.005
-1.5	83.387	-1.5	72.249	-2.5	55.605	-3	43.043	-3.5	32.969	-4.5	25.159
-1	83.001	-1	72.274	-2	35.941	-2.5	43.361	-3	33.045	-4	25.469
-0.5	83.664	-0.5	72.063	-1.5	36.024	-2	43.596	-2.5	33.338	-3.5	25.376
0	83.261	0	72.467	-1	56.058	-1.5	43.370	-2	33.313	-3	25.578
0.5	83.806	0.5	72.492	-0.5	36.301	-1	43.713	-1.5	33.204	-2.5	25.594
1	83.228	1	72.568	0	35.790	-0.5	43.755	-1	33.489	-2	25.594
1.5	83.437	1.5	72.408	0.5	56.217	0	43.621	-0.5	33.388	-1.5	25.770
2	83.655	2	72.334	0.5	36.125	0.5	43.839	0	33.506	-1	25.745
2.5	83.186	2.5	72.534	1.5	36.150	1	43.856	0.5	33.497	-0.5	26.022
3	83.194	3	72.677	2	56.041	1.5	43.908	1	33.774	0	25.829
3.5	83.387	3.5	72.408	2.5	36.016	2	43.998	1.5	33.665	0.5	26.039
4	83.253	4	72.534	3	56.117	2.5	43.738	2	33.497	1	25.812
4.5	83.270	4.5	72.576	3.5	36.175	3	43.998	2.5	33.631	1.5	26.039
5	83.152	5	72.157	4	56.217	3.5	43.847	3	33.665	2	25.971
5.5	83.127	5.5	72.408	4.5	36.117	4	43.738	3.5	33.497	2.5	26.181
6	82.742	6	72.132	5	55.756	4.5	43.378	4	33.648	3	25.980
6.5	82.800	6.5	71.593	5.5	35.714	5	43.713	4.5	33.623	3.5	25.821
7	82.675	7	71.478	6	55.553	5.5	43.286	5	33.363	4	25.906
7.5	81.711	7.5	71.176	6.5	55.287	6	43.236	5.5	33.944	4.5	25.821
8	82.230	8	70.456	7	35.136	6.5	42.850	6	32.953	5	25.906
8.5	81.483	8.5	70.121	7.5	54.717	7	42.674	6.5	32.923	5.5	25.795
9	79.859	9	69.308	8	54.147	7.5	42.573	7	32.642	6	25.620
9.5	57.231	9.5	65.302	8.5	35.377	8	41.990	7.5	32.492	6.5	25.620
10	12.244	10	34.109	9	31.175	8.5	41.632	8	32.257	7	25.385
10.5	5.866	10.5	9.244	9.5	52.287	9	40.973	8.5	31.922	7.5	25.100
11	5.146	11	6.512	10	49.672	9.5	40.663	9	31.193	8	24.765
11.5	4.391	11.5	5.422	10.5	30.690	10	39.699	9.5	30.930	8.5	24.627
12	4.165	12	4.993	11	10.317	10.5	37.495	10	30.489	9	24.329
12.5	3.998	12.5	4.224	11.5	7.238	11	25.549	10.5	29.936	9.5	24.229
13	4.014	13	4.065	12	6.093	11.5	9.043	11	28.326	10	23.725
				12.5	5.372	12	19.602	11.5	19.602	10.5	23.198
				13	5.037	12.5	6.009	12	8.280	11	22.661
				13.65	4.333	13	5.372	12.5	6.059	11.5	21.429
						13.5	5.012	13	5.447	12	14.968
						14	4.274	13.5	5.062	12.5	6.955
						14.3	4.324	14	4.559	13	5.246
								14.5	4.123	13.5	4.827
								14.95	4.065	14	4.249
										14.5	3.972
										15	4.039
										15.5	3.647
										15.6	3.746

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANO X = -6 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-13	5.441	-13	5.253	-13.65	5.422	-14.3	4.808	-14.95	4.432	-15.6	3.651
-12.5	5.224	-12.5	5.057	-13.5	5.145	-14	4.719	-14.5	4.299	-15.3	3.661
-12	5.007	-12	4.861	-13	5.067	-13.5	5.019	-14	4.828	-15	4.254
-11.5	6.213	-11.3	7.400	-12.5	6.441	-13	6.134	-13.5	5.962	-14.5	4.561
-11	6.886	-11	8.558	-12	7.321	-12.5	6.886	-13	6.587	-14	4.828
-10.5	8.261	-10.5	12.218	-11.5	8.182	-12	7.756	-12.5	6.450	-13.3	4.511
-10	14.434	-10	39.564	-11	10.754	-11.5	9.636	-12	7.935	-13	6.480
-9.5	62.437	-9.5	75.615	-10.5	26.455	-11	21.756	-11.5	14.642	-12	11.674
-9	93.225	-9	80.602	-10	55.086	-10.5	41.107	-11	29.304	-11.5	22.349
-8.5	96.995	-8.5	81.977	-9.5	60.290	-10	45.341	-10.5	33.271	-11	25.149
-8	96.649	-8	82.283	-9	61.705	-9.5	46.143	-10	34.377	-10.5	25.921
-7.5	96.926	-7.5	83.124	-8.5	62.239	-9	46.954	-9.5	34.815	-10	26.633
-7	96.953	-7	83.619	-8	63.298	-8.5	47.686	-9	35.468	-9.5	26.890
-6.5	97.282	-6.5	84.084	-7.5	63.654	-8	48.141	-8.5	35.981	-9	27.286
-6	97.638	-6	84.539	-7	64.070	-7.5	48.438	-8	36.443	-8.5	27.592
-5.5	97.806	-5.5	84.767	-6.5	64.357	-7	48.794	-7.5	36.843	-8	27.830
-5	98.202	-5	84.885	-6	64.624	-6.5	49.118	-7	37.204	-7.5	28.176
-4.5	98.311	-4.5	84.905	-5.5	64.831	-6	49.576	-6.5	37.417	-7	28.592
-4	98.558	-4	84.915	-5	65.079	-5.5	49.734	-6	37.704	-6.5	28.635
-3.5	97.856	-3.5	84.885	-4.5	65.254	-5	50.051	-5.5	38.159	-6	28.631
-3	98.439	-3	85.251	-4	65.267	-4.5	50.249	-5	38.001	-5.5	29.017
-2.5	98.420	-2.5	85.202	-3.5	65.771	-4	50.743	-4.5	38.545	-5	29.156
-2	98.152	-2	85.479	-3	65.920	-3.5	50.684	-4	38.282	-4.5	29.641
-1.5	98.152	-1.5	85.509	-2.5	65.761	-3	50.555	-3.5	38.595	-4	29.436
-1	98.182	-1	85.617	-2	65.870	-2.5	51.228	-3	38.655	-3.5	29.740
-0.5	98.499	-0.5	85.894	-1.5	66.048	-2	51.198	-2.5	39.287	-3	29.670
0	98.617	0	86.152	-1	66.563	-1.5	51.436	-2	39.237	-2.5	30.086
0.5	98.588	0.5	85.746	-0.5	66.583	-1	51.228	-1.5	39.702	-2	30.086
1	98.914	1	85.825	0	66.484	-0.5	51.624	0	39.920	-1	30.372
1.5	98.212	1.5	85.914	0.5	67.028	0	51.802	0.5	39.702	0	30.461
2	98.716	2	86.409	1	67.166	0.5	51.871	1	39.702	0.5	30.772
2.5	98.518	2.5	85.944	1.5	67.166	1	52.059	1.5	39.673	1	30.937
3	98.558	3	86.339	2	66.573	1.5	52.316	2	39.669	1.5	31.887
3.5	98.746	3.5	86.191	2.5	67.077	2	52.029	2.5	39.669	2	30.859
4	98.855	4	86.458	3	66.632	2.5	52.178	3	39.669	2.5	31.233
4.5	98.934	4.5	86.023	3.5	66.761	3	52.049	3.5	39.669	3	30.937
5	98.657	5	86.003	4	66.850	3.5	52.019	4	39.669	3.5	30.640
5.5	98.014	5.5	85.637	4.5	67.048	4	51.911	4.5	39.669	4	30.877
6	98.113	6	85.697	5	66.741	4.5	52.019	5	39.669	4.5	31.085
6.5	97.648	6.5	85.439	5.5	66.513	5	51.885	5.5	40.029	5	30.828
7	97.737	7	84.836	6	66.019	5.5	51.999	6	39.554	5.5	30.877
7.5	96.985	7.5	84.440	6.5	65.504	6	51.713	6.5	39.564	6	30.828
8	96.708	8	83.728	7	65.237	6.5	51.099	7	39.237	6.5	30.729
8.5	96.651	8.5	82.768	7.5	64.911	7	50.911	7.5	38.921	7	30.561
9	94.432	9	81.383	8	64.446	7.5	50.516	8	38.921	7.5	30.877
9.5	67.303	9.5	76.644	8.5	63.694	8	50.011	8.5	38.525	8	30.877
10	13.295	10	40.365	9	62.803	8.5	49.408	9	38.337	8.5	29.730
10.5	8.093	10.5	12.080	9.5	61.577	9	48.863	9.5	37.892	9	29.720
11	6.520	11	8.459	10	58.163	9.5	48.002	10	37.437	9.5	29.552
11.5	5.926	11.5	7.361	10.5	35.913	10	47.033	9.5	36.823	8.5	29.373
12	5.521	12	6.460	11	13.109	10.5	45.828	10	36.131	9	29.156
12.5	4.729	12.5	5.847	11.5	9.270	11	27.810	10.5	35.270	9.5	28.434
13	4.838	13	5.063	12	7.994	11.5	11.377	11	33.459	10	28.137
				12.5	6.995	12	8.756	11.5	23.012	10.5	27.523
				13	6.342	12.5	7.697	12	10.527	11	26.861
				13.5	5.867	13	6.985	12.5	7.717	11.5	25.406
				13.65	5.738	13.5	6.213	13	6.915	12	18.036
						14	5.906	13.5	6.065	12.5	8.459
						14.3	5.590	14	5.906	13	6.619
								14.5	5.481	13.5	5.867
								14.95	4.927	14	5.829
										14.5	4.808
										15	4.798
										15.5	4.521
										15.6	4.521

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANO X = -4 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-13	5.154	-13	4.996	-13.65	5.134	-14.3	4.759	-14.95	4.343	-15.6	3.591
-12.5	5.253	-12.5	3.688	-13.5	5.273	-14	4.788	-14.5	4.650	-15.5	3.690
-12	5.659	-12	6.163	-13	5.886	-13.5	5.411	-14	4.679	-15	4.106
-11.5	6.064	-11.5	6.945	-12.5	6.242	-14	5.867	-13.5	5.045	-14.5	4.343
-11	6.688	-11	8.102	-12	6.935	-12.5	6.191	-13	5.649	-14	4.600
-10.5	7.954	-10.5	11.407	-11.5	7.895	-12	7.163	-12.5	6.064	-13.5	4.699
-10	14.335	-10	28.761	-11	10.318	-11.5	9.270	-12	7.519	-13	5.006
-9.5	62.702	-9.5	74.652	-10.5	25.979	-11	21.102	-11.5	14.404	-12.5	5.995
-9	91.807	-9	79.183	-10	33.689	-10.5	40.106	-11	28.848	-12	11.456
-8.5	94.349	-8.5	80.529	-9.5	38.715	-10	43.565	-10.5	32.686	-11.5	22.002
-8	95.546	-8	81.073	-9	60.248	-9.5	45.043	-10	33.339	-11	24.386
-7.5	95.645	-7.5	81.449	-8.5	60.624	-9	45.636	-9.5	33.953	-10.5	25.138
-7	96.199	-7	82.052	-8	61.485	-8.5	46.408	-9	34.339	-10	25.682
-6.5	96.674	-6.5	82.834	-7.5	62.088	-8	46.764	-8.5	34.734	-9.5	25.900
-6	96.486	-6	82.676	-7	62.652	-7.5	47.091	-8	35.110	-9	26.108
-5.5	96.160	-5.5	83.220	-6.5	62.207	-7	47.120	-7.5	35.558	-8.5	26.503
-5	96.328	-5	82.587	-6	63.196	-6.5	47.684	-7	36.258	-8	26.632
-4.5	96.565	-4.5	83.012	-5.5	62.870	-6	47.813	-6.5	35.981	-7.5	26.899
-4	96.160	-4	82.735	-5	63.196	-5.5	47.941	-6	36.258	-7	26.978
-3.5	96.862	-3.5	82.933	-4.5	62.969	-5.5	47.961	-5.5	36.030	-6.5	27.166
-3	96.783	-3	82.824	-4	63.206	-5	48.664	-5	36.198	-6	27.473
-2.5	96.882	-2.5	83.022	-3.5	63.374	-4	48.901	-4.5	36.297	-5.5	27.502
-2	96.743	-2	83.348	-3	63.493	-3.5	48.693	-4	36.456	-5	27.423
-1.5	97.456	-1.5	83.902	-2.5	64.334	-3	49.119	-3.5	36.901	-4.5	27.166
-1	96.971	-1	84.407	-2	64.354	-2.5	49.178	-3	37.099	-4	27.453
-0.5	97.525	-0.5	84.585	-1.5	64.858	-2	49.485	-2.5	37.356	-3.5	27.869
0	97.753	0	85.109	-1	64.928	-1.5	49.989	-2	37.821	-3	28.037
0.5	98.425	0.5	85.436	-0.5	65.600	-1	50.464	-1.5	38.197	-2.5	28.432
1	98.138	1	85.535	0	65.492	-0.5	50.880	-1	38.543	-2	28.759
1.5	98.554	1.5	85.436	0	66.778	0	51.325	-0.5	39.028	-1.5	29.244
2	98.277	2	85.772	0	66.639	0.5	51.473	0	39.612	-1	29.916
2.5	98.455	2.5	85.841	1.5	67.183	0.5	52.087	0.5	39.691	-0.5	30.144
3	98.930	3	86.445	2	67.233	1.5	52.156	1	39.968	0	30.322
3.5	98.465	3.5	86.504	2.5	67.144	2	52.522	1.5	40.126	0.5	30.708
4	98.692	4	86.504	3	67.579	2.5	52.532	2	40.126	1	31.143
4.5	98.722	4.5	85.881	3.5	67.866	3	52.532	2.5	40.344	1.5	31.104
5	98.603	5	87.118	4	67.530	3.5	52.502	3	40.561	2	31.094
5.5	98.593	5.5	86.118	4.5	67.698	4	52.700	3.5	40.561	2.5	31.232
6	98.584	6	86.039	5	67.144	4.5	52.611	4	40.611	3	31.430
6.5	97.990	6.5	85.485	5.5	67.411	5	52.492	4.5	40.462	3.5	31.222
7	98.000	7	85.357	6	67.213	5.5	52.245	5	40.502	4	31.361
7.5	97.317	7.5	84.892	6.5	66.718	6	52.067	5.5	40.195	4.5	31.282
8	97.416	8	84.100	7	66.243	6.5	52.037	6	40.037	5	31.183
8.5	96.397	8.5	83.289	7.5	65.749	7	51.790	6.5	39.720	5.5	31.252
9	93.934	9	81.766	8	65.215	7.5	51.206	7	39.404	6	30.945
9.5	65.976	9.5	76.631	8.5	64.621	8	50.781	7.5	39.552	6.5	31.084
10	15.354	10	40.680	9	63.394	8.5	50.307	8	38.751	7	30.807
10.5	8.280	10.5	12.722	9.5	61.960	9	49.534	8.5	38.236	6.5	30.282
11	6.886	11	9.042	10	58.774	9.5	48.644	9	38.039	9.5	29.263
11.5	6.124	11.5	7.835	10.5	35.822	10	47.239	9.5	37.336	8.5	29.006
12	5.609	12	6.895	11	13.464	10.5	44.271	10	36.841	9	29.372
12.5	5.115	12.5	6.025	11.5	9.784	11	27.898	10.5	35.753	9.5	29.283
13	4.768	13	5.698	12	8.478	11.5	11.901	11	33.804	10	28.333
				12.5	7.236	12	9.171	11.5	23.417	10.5	28.076
				13	6.688	12.5	7.994	12	10.605	11	27.225
				13.5	5.965	13	7.153	12.5	8.221	11.5	25.761
				13.65	5.857	13.5	6.480	13	7.331	12	18.074
						14	5.946	13.5	6.569	12.5	8.874
						14.3	5.807	14	5.827	13	6.866
								14.5	5.570	13.5	6.223
								14	5.026	14	5.748
										14.5	5.303
										15	4.729
										15.5	4.709
										15.0	4.630

PLANO X = -2 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-13	4.206	-13	4.455	-13.65	4.485	-14.3	4.605	-14.95	4.037	-15.6	3.469
-12.5	4.286	-12.5	4.625	-13.3	4.695	-14	4.545	-14.5	4.405	-15.5	3.618
-12	4.305	-12	4.724	-13	4.794	-13.5	4.774	-14	4.365	-15	3.727
-11.5	4.405	-11.5	3.033	-12.5	4.994	-13	4.914	-13.5	4.645	-14.5	4.038
-11	4.625	-11	5.562	-12	5.701	-12.5	5.402	-13	4.714	-14	4.306
-10.5	4.774	-10.5	3.990	-11.5	5.711	-12	5.970	-12.5	5.253	-13.5	4.485
-10	5.911	-10	8.193	-10.5	6.518	-11.5	6.239	-12	5.741	-13	4.605
-9.5	8.432	-9.5	10.336	-10	8.034	-11	7.266	-11.5	6.382	-12.5	4.869
-9	10.416	-9	10.914	-10	9.668	-10.5	8.382	-11	7.017	-12	5.243
-8.5	10.416	-8.5	10.884	-10	10.147	-10	9.220	-10.5	7.854	-11.5	5.481
-8	10.406	-8	11.054	-9	10.525	-9.5	9.638	-10	8.153	-11	6.469
-7.5	10.216	-7.5	11.064	-8.5	10.894	-9	9.887	-9.5	8.462	-10.5	6.708
-7	10.366	-7	11.203	-8	11.004	-8.5	10.047	-9	8.572	-10	6.937
-6.5	10.340	-6.5	11.233	-7.5	11.353	-8	10.266	-8.5	8.811	-9.5	7.027
-6	10.276	-6	11.402	-7	11.522	-7.5	10.685	-8	9.210	-9	7.416
-5.5	10.406	-5.5	11.303	-6.5	11.632	-7	10.794	-7.5	9.509	-8.5	7.784
-5	10.236	-5	11.402	-6	11.781	-6.5	11.103	-7	9.549	-8	7.864
-4.5	10.346	-4.5	11.452	-5.5	12.160	-6	11.343	-6.5	9.788	-7.5	7.904
-4	10.416	-4	11.562	-5	12.269	-5.5	11.582	-6	10.017	-7	8.233
-3.5	10.386	-3.5	11.751	-4.5	12.439	-5	11.582	-5.5	10.097	-6.5	8.293
-3	10.465	-3	11.801	-4	12.608	-4.5	12.220	-5	10.535	-5.5	8.701
-2.5	10.645	-2.5	12.598	-3.5	13.306	-4	12.459	-4	10.764	-5	8.950
-2	12.339	-2	14.034	-3	13.685	-3.5	12.917	-4	11.193	-4.5	8.970
-1.5	15.170	-1.5	17.054	-2.5	14.951	-3	13.376	-3.5	11.223	-4	9.190
-1	21.340	-1	22.685	-2	17.333	-2	14.422	-2.5	11.721	-3.5	9.219
-0.5	33.948	-0.5	33.549	-1.5	64.856	-1	21.300	-1.5	16.406	-2	9.758
0	71.723	0	64.856	-1	28.935	-1	19.316	-1.5	13.964	-2	10.077
0.5	94.947	0.5	82.428	-0.5	48.998	-0.5	24.928	-1	16.256	-1.5	11.990
1	96.881	1	84.561	0	48.998	0	24.928	-0.5	20.004	-1	13.565
1.5	97.837	1.5	85.079	0	66.351	0.5	50.155	0	29.423	0.5	16.486
2	98.136	2	85.807	1	66.610	1	51.490	0.5	38.114	1	22.213
2.5	98.595	2.5	86.315	1.5	66.138	1.5	52.098	1	40.708	1.5	29.562
3	98.475	3	86.505	2	67.109	2	52.487	1.5	40.407	2	30.708
3.5	99.442	3.5	87.063	2.5	67.567	2.5	52.965	2	40.357	2.5	31.038
4	99.442	4	86.863	3	68.175	3	53.286	2.5	40.676	3	31.127
4.5	99.671	4.5	86.774	3.5	68.165	3.5	53.045	3	40.766	3.5	31.506
5	99.522	5	86.415	4	68.444	4	53.414	3.5	40.825	4	31.226
5.5	99.631	5.5	87.033	4.5	68.165	4.5	53.233	4	40.885	4.5	31.546
6	99.993	6	86.465	5	67.587	5	53.165	4.5	40.746	5	31.486
6.5	98.844	6.5	86.455	5.5	67.856	5.5	52.806	5	40.486	5.5	31.886
7	98.874	7	85.917	6	67.607	6	52.776	5.5	40.457	6	31.516
7.5	98.804	7.5	85.468	6.5	67.218	6.5	52.467	6	40.277	6.5	31.416
8	97.977	8	84.780	7	66.002	7	51.829	6.5	39.559	7	31.386
8.5	96.701	8.5	84.073	7.5	65.255	7.5	51.550	7	39.621	7.5	31.058
9	94.409	9	82.598	8	64.049	8	50.503	7.5	38.623	8	30.719
9.5	65.873	9.5	77.275	8.5	62.753	8.5	50.085	8	37.995	8.5	30.440
10	15.698	10	40.427	9	60.499	9	49.317	8	37.187	9	30.011
10.5	8.681	10.5	12.868	9.5	59.344	9.5	48.141	9	36.320	9.5	29.353
11	7.166	11	9.289	10	55.921	10	46.792	10	34.018	10	29.104
11.5	6.459	11.5	8.073	10.5	53.921	10.5	45.792	10.5	32.817	10.5	28.227
12	5.871	12	6.977	11	53.685	11	44.792	11	31.817	11	27.519
12.5	5.492	12.5	6.239	11.5	51.166	11.5	43.792	11.5	30.817	11.5	26.827
13	5.053	13	5.741	12	48.991	12	42.792	12	29.817	12	26.227
				13	46.857	12.5	41.792	12.5	28.817	12.5	25.627
				13.5	45.200	13	40.792	13	27.817	13	25.027
				13.65	44.110	13.5	39.792	13.5	26.817	13.5	24.427
						14	38.792	14	25.817	14	23.827
						14.3	37.792	14.3	24.817	14.3	23.227
								14.5	23.817	14.5	22.627
								14.95	22.817	14.95	22.027

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



PLANO X = -1.8 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54											
-12	3.834	-13	4.453	-13.65	4.533	-14.3	4.653	-14.95	4.044	-15.6	3.553
-11.5	3.714	-12.5	4.573	-13.5	4.583	-14	4.633	-14.5	4.353	-15.5	3.545
-11	4.223	-12	4.713	-13	4.813	-13.5	4.863	-14	4.503	-15	3.604
-10.5	4.653	-11.5	4.912	-12.5	5.072	-13	4.932	-13.5	4.732	-14.5	3.864
-10	4.503	-11	5.412	-12	5.631	-12.5	5.551	-13	4.862	-14	4.453
-9.5	4.803	-10.5	5.881	-11.5	5.871	-12	5.841	-12.5	5.443	-13.5	4.443
-9	5.501	-10	7.349	-11	6.380	-11.5	6.290	-12	5.731	-13	4.693
-8.5	7.498	-9.5	9.226	-10.5	7.458	-11	7.119	-11.5	6.180	-12.5	4.882
-8	8.826	-9	9.695	-10	8.996	-10.5	8.877	-11	7.039	-12	5.172
-7.5	9.236	-8	10.274	-9	9.975	-9.5	9.276	-10	8.038	-11.5	5.951
-7	9.206	-7.5	10.214	-8.5	10.334	-9	9.715	-9.5	8.377	-10.5	6.410
-6.5	9.286	-7	10.464	-8	10.474	-8.5	9.765	-9	8.257	-10	6.929
-6	9.306	-6.5	10.474	-7.5	10.853	-8	10.194	-8.5	8.766	-9.5	7.149
-5.5	9.535	-6	10.664	-7	11.013	-7.5	10.394	-8	9.136	-9	7.978
-5	9.715	-5.5	10.693	-6.5	11.213	-7	10.723	-7.5	9.216	-8.5	7.558
-4.5	9.775	-5	10.683	-6	11.442	-6.5	10.863	-7	9.236	-8	7.748
-4	9.835	-4.5	10.903	-5.5	11.622	-6	10.963	-6.5	9.675	-7.5	7.978
-3.5	9.815	-4	10.923	-5	11.872	-5.5	11.123	-6	9.915	-7	8.077
-3	9.994	-3.5	11.203	-4.5	12.161	-5	11.502	-5.5	10.094	-6.5	8.247
-2.5	10.174	-3	11.492	-4	12.411	-4.5	11.902	-5	10.364	-6	8.587
-2	10.404	-2.5	11.921	-3.5	12.461	-4	11.762	-4.5	10.294	-5.5	8.746
-1.5	11.542	-2	13.509	-3	13.209	-3.5	12.211	-4	10.663	-5	8.816
-1	14.747	-1.5	16.514	-2.5	13.399	-3	12.640	-3.5	10.863	-4.5	8.996
-0.5	20.408	-1	21.786	-2	14.617	-2.5	13.229	-3	11.123	-4	9.445
0	33.029	-0.5	33.089	-1.5	17.143	-2	14.268	-2.5	11.512	-3.5	9.345
0.5	71.439	0	64.420	-1	20.718	-1.5	18.935	-2	12.640	-3	9.815
1	94.683	0.5	82.991	-0.5	28.356	-1	19.160	-1.5	13.908	-2.5	10.284
1.5	97.389	1	84.649	0	48.774	0	24.981	-1	16.085	-2	10.793
2	97.968	1.5	85.707	0.5	64.021	0	39.469	-0.5	18.919	-1.5	11.572
2.5	98.956	2	86.186	1	66.297	0.5	50.362	0	20.215	-1	13.669
3	98.387	2.5	86.246	1.5	66.736	1	51.620	0.5	38.410	-0.5	16.235
3.5	99.735	3	87.025	2	67.224	1.5	52.788	1	39.818	0	23.344
4	99.496	3.5	87.205	2.5	67.595	2	52.788	1.5	40.078	0.5	29.664
4.5	99.416	4	87.814	3	68.084	2.5	53.058	2	40.767	1	30.972
5	99.496	4.5	87.005	3.5	68.104	3	53.377	2.5	40.916	1.5	31.152
5.5	99.460	5	87.754	4	68.623	3.5	53.537	3	40.986	2	31.431
6	99.845	5.5	87.245	4.5	68.474	4	53.527	3.5	40.916	2.5	31.511
6.5	99.605	6	87.215	5	68.833	4.5	53.707	4	41.196	3	31.891
7	99.046	6.5	86.636	5.5	68.174	5	53.647	4.5	41.096	3.5	31.871
7.5	99.735	7	86.296	6	68.394	5.5	53.397	5	41.246	4	31.891
8	98.647	7.5	85.777	6.5	67.625	6	53.108	5.5	41.146	4.5	31.940
8.5	98.198	8	85.367	7	67.405	6.5	53.148	6	40.677	5	32.000
9	97.409	8.5	84.629	7.5	66.986	7	52.578	6.5	40.797	5.5	31.811
9.5	94.543	9	82.871	8	66.507	7.5	52.139	7	40.627	6	31.741
10	66.047	9.5	77.490	8.5	65.708	8	51.750	7.5	40.138	6.5	31.571
10.5	15.706	10	40.767	9	64.380	8.5	51.240	8	39.599	7	31.411
11	8.716	10.5	12.920	9.5	63.072	9	50.581	8.5	39.189	7.5	30.822
11.5	7.339	11	9.306	10	59.757	9.5	49.383	9	38.840	8	30.872
12	6.430	11.5	8.127	10.5	36.394	10	48.435	9.5	38.301	8.5	30.543
12.5	5.861	12	7.039	11	13.609	10.5	45.300	10	37.282	9	30.213
12.54	5.292	12.5	6.330	11.5	10.374	11	28.356	10.5	36.683	9.5	29.614
	5.202	13	5.891	12	8.836	11.5	12.481	11	34.287	10	29.245
				12.5	7.898	12	9.515	11.5	23.553	10.5	28.745
				13	6.939	12.5	8.487	12	10.893	11	27.707
				13.5	6.290	13	7.548	12.5	8.217	11.5	26.199
				13.65	6.101	13.5	6.879	13	7.648	12	25.172
						14	6.240	13.5	6.939	12.5	9.186
						14.3	5.911	14	6.111	13	7.039
								14.5	5.861	13.5	6.530
								14.95	5.332	14	6.091
										14.5	5.481
										15	4.952
										15.5	4.703
										15.6	4.613

PLANO X = -1.6 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.64	-13	4.34	-13.65	4.51	-14.3	4.51	-14.93	3.98	-15.6	3.52
-12	3.63	-12.5	4.48	-13.5	4.61	-14	4.56	-14.5	4.54	-15.5	3.47
-11.5	4.04	-12	4.77	-13	4.71	-13.5	4.73	-14	4.64	-15	3.75
-11	4.59	-11.5	4.76	-12.5	5.05	-13	4.82	-13.5	4.73	-14.5	3.64
-10.5	4.59	-11	5.37	-12	5.36	-12.5	5.4	-13	4.87	-14	4.31
-10	4.58	-10.5	5.84	-11.5	5.88	-12	5.86	-12.5	4.99	-13.5	4.42
-9.5	4.82	-10	7	-11	6.19	-11.5	5.94	-12	5.63	-13	4.73
-9	6.87	-9.5	8.88	-10.5	7.19	-11	6.98	-11.5	5.87	-12.5	4.74
-8.5	8.08	-9	9.02	-10	8.72	-10.5	8.09	-11	6.93	-12	5.26
-8	8.11	-8.5	9.22	-9.5	9.26	-10	8.48	-10.5	7.43	-11.5	5.83
-7.5	8.41	-8	9.49	-9	9.75	-9.5	8.91	-10	7.98	-11	6.21
-7	8.81	-7.5	9.86	-8.5	9.89	-9	9.22	-9.5	8.17	-10.5	6.51
-6.5	8.9	-7	9.92	-8	10.17	-8.5	9.66	-9	8.13	-10	6.86
-6	9.08	-6.5	10.35	-7.5	10.34	-8	10	-8.5	8.6	-9.5	7.01
-5.5	9.17	-6	10.34	-7	10.78	-7.5	10.29	-8	9.08	-9	7.07
-5	9.25	-5.5	10.23	-6.5	10.86	-7	10.29	-7.5	9.02	-8.5	7.45
-4.5	9.14	-5	10.43	-6	10.93	-6.5	10.34	-7	9.18	-8	7.68
-4	9.29	-4.5	10.38	-5.5	11.39	-6	10.82	-6.5	9.43	-7.5	8.06
-3.5	9.36	-4	10.34	-5	11.46	-5.5	10.96	-6	9.84	-7	8.07
-3	9.31	-3.5	10.93	-4.5	11.9	-5	11.27	-5.5	9.87	-6.5	8.21
-2.5	9.88	-3	11.05	-4	11.89	-4.5	11.47	-5	10.16	-6	8.32
-2	9.95	-2.5	11.46	-3.5	12.38	-4	11.79	-4.5	10.21	-5.5	8.58
-1.5	11.3	-2	13.38	-3	12.58	-3.5	11.91	-4	10.29	-5	8.68
-1	14.43	-1.5	16.01	-2.5	13.09	-3	12.48	-3.5	10.75	-4.5	8.93
-0.5	20.07	-1	21.33	-2	14.36	-2.5	13.05	-3	11.05	-4	8.95
0	32.64	-0.5	32.56	-1.5	16.68	-2	14.06	-2.5	11.35	-3.5	9.34
0.5	71.34	0	64.65	-1	20.49	-1.5	18.82	-2	12.52	-3	9.52
1	93.18	0.5	83.17	-0.5	27.99	-1	18.9	-1.5	13.98	-2.5	10.1
1.5	97.47	1	85.07	0	48.47	-0.5	24.66	-1	15.85	-2	10.7
2	98.04	1.5	85.51	0.5	63.99	0	39.09	-0.5	19.72	-1.5	11.87
2.5	97.91	2	86.46	1	65.95	0.5	30.33	0	29.1	-1	13.53
3	98.99	2.5	86.56	1.5	66.53	1	31.87	0.5	38.34	-0.5	16.31
3.5	99.28	3	86.66	2	67.44	1.5	32.19	1	39.59	0	23.24
4	100	3.5	87.28	2.5	68.11	2	32.61	1.5	40.2	0.5	29.44
4.5	99.46	4	87.46	3	68.29	2.5	33.02	2	40.62	1	30.93
5	99.77	4.5	86.91	3.5	68.27	3	33.52	2.5	41.07	1.5	31.31
5.5	99.46	5	87.44	4	68.86	3.5	33.23	3	40.97	2	31.59
6	99.65	5.5	87.43	4.5	68.67	4	33.64	3.5	41.28	2.5	31.61
6.5	99.42	6	87.36	5	68.54	4.5	33.76	4	41.52	3	31.63
7	99.06	6.5	86.58	5.5	68.36	5	33.58	4.5	41.08	3.5	31.65
7.5	98.99	7	86.33	6	68.01	5.5	33.64	5	41.5	4	31.72
8	98.68	7.5	86.07	6.5	67.67	6	33.34	5.5	41.05	4.5	31.7
8.5	98.13	8	85.14	7	67.09	6.5	33.27	6	41.05	5	31.84
9	97.36	8.5	84.69	7.5	66.93	7	32.88	6.5	40.55	5.5	31.63
9.5	95.07	9	83.03	8	66.37	7.5	32.28	7	40.4	6	31.63
10	65.83	9.5	77.44	8.5	65.88	8	32.13	7.5	40.11	6.5	31.46
10.5	15.64	10	40.23	9	64.28	8.5	31.4	8	39.89	7	31.43
11	8.71	10.5	12.82	9.5	63.14	9	30.56	8.5	39.47	7.5	31.27
11.5	7.56	11	9.23	10	59.43	9.5	49.78	9	38.9	8	31
12	6.53	11.5	7.95	10.5	56.17	10	48.65	9.5	38.16	8.5	30.61
12.5	6.07	12	7.02	11	53.68	10.5	47.4	10	37.4	9	30.29
12.54	5.55	12.5	6.2	11.5	50.12	11	28.31	10.5	36.4	9.5	29.63
	4.94		5.74	12	48.3	11.5	12.39	11	34.55	10	29.2
				12.5	45.2	12	9.72	11.5	23.7	10.5	28.53
				13	42.7	12.5	8.51	12	10.86	11	27.66
				13.5	40.7	13	7.8	12.5	8.49	11.5	26.06
				13.65	41.7	13.5	6.79	13	7.72	12	18.17
						14	6.19	13.5	6.74	12.5	9.31
						14.3	5.8	14	6.19	13	8.23
								14.5	5.94	13.5	6.5
								14.95	5.53	14	5.87
										14.5	5.59
										15	4.76
										15.5	4.83
										15.6	4.91

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANO X=-1.2 cm											
Z=-1.5 cm		Z=-5 cm		Z=-10 cm		Z=-15 cm		Z=-20 cm		Z=-25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.659	-13	4.050	-13.65	4.529	-14.3	4.609	-14.95	4.220	-15.6	3.549
-12.5	3.889	-12.5	4.419	-13.5	4.469	-14	4.279	-14.5	4.289	-15.5	3.529
-12.5	3.789	-12	4.649	-13	4.688	-13.5	4.698	-14	4.409	-15	3.489
-11.5	4.349	-11.5	4.698	-12.5	4.898	-13	4.888	-13.5	4.639	-14.5	3.769
-11	4.589	-11	4.908	-12	5.118	-12.5	5.128	-13	4.669	-14	4.389
-10.5	4.489	-10.5	5.478	-11.5	5.748	-12	5.588	-12.5	4.948	-14.5	4.539
-10	4.788	-10	6.878	-11	6.168	-11.5	5.988	-12	5.478	-13	4.569
-9.5	6.608	-9.5	8.117	-10.5	7.078	-11	6.438	-11.5	6.038	-12.5	4.778
-9	7.738	-9	8.807	-10	7.817	-10.5	7.917	-11	6.788	-12	5.208
-8.5	8.117	-8.5	8.847	-9.5	9.087	-10	8.387	-10.5	7.278	-11.5	5.828
-8	8.297	-8	9.097	-9	9.477	-9.5	8.637	-10	7.837	-11	5.918
-7.5	8.367	-7.5	9.547	-8.5	9.517	-9	9.177	-9.5	7.967	-10.5	6.308
-7	8.507	-7	9.897	-8	9.927	-8.5	9.547	-9	8.167	-10	6.648
-6.5	8.647	-6.5	9.847	-7.5	10.257	-8	9.767	-8.5	8.277	-9.5	7.008
-6	8.927	-6	10.057	-7	10.507	-7.5	9.957	-8	8.727	-9	6.898
-5.5	9.127	-5.5	10.007	-6.5	10.717	-7	10.207	-7.5	8.957	-8.5	7.288
-5	8.967	-5	10.017	-6	10.737	-6.5	10.487	-7	9.157	-8	7.408
-4.5	9.167	-4.5	10.347	-5.5	11.126	-6	10.597	-6.5	9.427	-7.5	7.797
-4	9.127	-4	10.307	-5	11.366	-5.5	10.777	-6	9.587	-7	7.797
-3.5	9.437	-3.5	10.737	-4.5	11.276	-5	11.086	-5.5	9.937	-6.5	8.107
-3	9.587	-3	10.866	-4	11.496	-4.5	11.186	-5	10.157	-6	8.437
-2.5	9.937	-2.5	11.336	-3.5	12.066	-4	11.466	-4.5	10.037	-5.5	8.367
-2	10.996	-2	12.836	-3	12.446	-3.5	11.816	-4	10.607	-5	8.507
-1.5	14.005	-1.5	15.555	-2.5	12.836	-3	12.286	-3.5	10.657	-4.5	8.967
-1	19.584	-1	20.943	-2	13.985	-2.5	12.856	-3	10.976	-4	8.987
-0.5	32.080	-0.5	32.190	-1.5	16.645	-2	13.786	-2.5	11.426	-3.5	9.217
0	70.147	0	62.670	-1	20.193	-1.5	15.725	-2	12.426	-3	9.527
0.5	94.410	0.5	82.054	-0.5	27.721	-1	18.454	-1.5	13.616	-2.5	9.827
1	96.300	1	84.153	0	47.325	0	34.302	-1	15.765	-2	10.627
1.5	97.479	1.5	84.973	0.5	63.729	0	38.338	-0.5	19.604	-1.5	11.616
2	97.958	2	85.812	1	65.769	0.5	49.714	0	28.661	-1	13.406
2.5	98.368	2.5	86.172	1.5	66.818	1	51.203	0.5	37.858	0	16.175
3	98.658	3	86.602	2	67.348	1.5	52.203	1	39.467	0	22.823
3.5	99.508	3.5	87.532	2.5	67.658	2	52.263	1.5	39.957	0.5	29.510
4	99.268	4	87.052	3	67.648	2.5	52.523	2	40.357	1	30.460
4.5	99.968	4.5	86.862	3.5	68.008	3	52.963	2.5	40.737	1.5	30.890
5	99.348	5	87.172	4	68.088	3.5	53.373	3	40.797	2	31.310
5.5	99.318	5.5	86.622	4.5	68.188	4	53.243	3.5	41.047	2.5	31.370
6	99.268	6	87.152	5	68.188	4.5	53.283	4	40.937	3	31.700
6.5	98.628	6.5	86.492	5.5	68.108	5	53.313	4.5	40.917	3.5	31.770
7	98.878	7	86.452	6	68.188	5.5	53.293	5	40.767	4	31.760
7.5	97.828	7.5	85.752	6.5	67.288	6	53.373	5.5	41.017	4.5	31.690
8	97.958	8	84.863	7	67.218	6.5	52.443	6	40.767	5	31.560
8.5	96.919	8.5	83.543	7.5	66.519	7	52.533	6.5	40.667	6	31.780
9	94.470	9	82.583	8	66.149	7.5	52.123	7	40.137	6	31.610
9.5	65.069	9.5	77.145	8.5	65.009	8	51.643	7.5	39.977	6.5	31.570
10	15.495	10	40.097	9	64.449	8.5	50.984	8	39.447	7	31.070
10.5	8.637	10.5	13.056	9.5	62.970	9	50.114	8.5	39.207	7.5	30.980
11	7.478	11	9.327	10	59.311	9.5	49.234	9	38.548	8	30.920
11.5	6.518	11.5	7.937	10.5	35.858	10	48.114	9.5	38.018	8.5	30.300
12	6.048	12	6.938	11	13.856	10.5	45.093	10	37.448	9	29.560
12.5	5.468	12.5	6.248	11.5	10.247	11	28.161	10.5	36.368	9.5	29.720
12.54	5.068	13	5.898	12	8.747	12	12.196	11	34.359	10	29.141
				12.5	7.777	12	9.657	11.5	23.312	10.5	28.471
				13	6.928	12.5	8.297	12	11.046	11	27.871
				13.5	6.208	13	7.638	12.5	8.477	11.5	25.992
				13.65	5.938	13.5	6.878	13	7.558	12	18.174
						14	6.198	13.5	6.878	12.5	9.167
						14.3	6.008	14	6.208	13	7.018
								14.5	5.858	13.5	6.498
								14.95	5.458	14	5.988
										14.5	5.488
										15	5.058
										15.5	4.758
										15.6	4.708

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANO X = -1 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.584	-13	4.160	-13.65	4.498	-14.3	4.438	-14.95	3.813	-15.6	3.515
-12.5	3.634	-12.5	4.438	-13.5	4.558	-14	4.498	-14.5	4.170	-15.5	3.505
-12	3.892	-12	4.498	-13	4.677	-13.5	4.518	-14	4.538	-15	3.634
-11.5	4.210	-11.5	4.845	-12.5	4.845	-13	4.845	-13.5	4.687	-14.5	3.793
-11	4.538	-11	4.845	-12	5.272	-12.3	5.243	-13	4.736	-14	4.131
-10.5	4.518	-10.5	5.441	-11.5	5.729	-12	5.779	-12.5	4.895	-13.5	4.448
-10	4.746	-10	6.474	-11	5.888	-11.5	6.037	-12	5.401	-13	4.617
-9.5	6.434	-9.5	8.023	-10.5	6.950	-11	6.643	-11.5	5.928	-12.5	4.637
-9	7.606	-9	8.489	-10	8.023	-10.5	7.894	-11	6.702	-12	5.024
-8.5	7.903	-8.5	8.897	-9.5	8.738	-10	8.301	-10.5	7.189	-11.5	5.609
-8	8.122	-8	8.976	-9	9.204	-9.5	8.559	-10	7.596	-11	6.057
-7.5	8.221	-7.5	9.204	-8.5	9.482	-9	8.797	-9.5	7.923	-10.5	6.454
-7	8.480	-7	9.413	-8	9.661	-8.5	9.204	-9	7.983	-10	6.563
-6.5	8.609	-6.5	9.651	-7.5	10.048	-8	9.512	-8.5	8.410	-9.5	6.722
-6	8.579	-6	9.770	-7	10.167	-7.5	9.820	-8	8.599	-9	7.060
-5.5	8.767	-5.5	9.959	-6.5	10.505	-7	9.939	-7.5	8.817	-8.5	7.488
-5	8.797	-5	9.790	-6	10.714	-6.5	10.247	-7	9.065	-8	7.318
-4.5	8.936	-4.5	9.979	-5.5	10.912	-6	10.366	-6.5	9.324	-7.5	7.715
-4	9.175	-4	10.277	-5	11.121	-5.5	10.634	-6	9.502	-7	7.933
-3.5	9.314	-3.5	10.307	-4.5	11.220	-5	10.823	-5.5	9.542	-6.5	7.933
-3	9.472	-3	10.604	-4	11.438	-4.5	11.180	-5	9.711	-6	8.063
-2.5	9.790	-2.5	11.091	-3.5	11.915	-4	11.270	-4.5	10.107	-5.5	8.281
-2	10.773	-2	12.541	-3	12.292	-3.5	11.577	-4	10.316	-5	8.460
-1.5	14.109	-1.5	15.351	-2.5	12.997	-3	12.124	-3.5	10.545	-4.5	8.638
-1	19.491	-1	20.504	-2	14.179	-2.5	13.007	-3	10.872	-4	8.807
-0.5	31.893	-0.5	31.644	-1.5	16.085	-2	13.881	-2.5	11.160	-3.5	9.204
0	69.137	0	62.484	-1	19.749	-1.5	15.509	-2	12.183	-3	9.324
0.5	94.437	0.5	83.055	-0.5	27.226	-1	18.369	-1.5	13.732	-2.5	9.780
1	96.283	1	84.259	0	46.856	-0.5	23.979	-1	15.519	-2	10.555
1.5	97.246	1.5	85.083	0.5	63.626	0	37.880	-0.5	19.501	-1.5	11.508
2	97.266	2	85.421	1	65.235	0.5	49.288	0	28.178	-1	13.176
2.5	98.825	2.5	85.977	1.5	66.367	1	51.254	0.5	38.118	-0.5	15.916
3	98.805	3	86.156	2	67.072	1.5	51.532	1	39.350	0	22.768
3.5	99.133	3.5	86.940	2.5	67.260	2	52.357	1.5	39.665	0.5	29.311
4	99.143	4	86.900	3	67.955	2.5	52.645	2	40.273	1	30.463
4.5	99.203	4.5	86.712	3.5	67.846	3	52.843	2.5	40.531	1.5	30.870
5	99.292	5	86.870	4	68.382	3.5	53.002	3	40.630	2	30.979
5.5	98.905	5.5	86.543	4.5	68.263	4	53.250	3.5	41.008	2.5	31.406
6	98.696	6	86.553	5	67.876	4.5	53.498	4	40.998	3	31.744
6.5	98.646	6.5	85.987	5.5	67.697	5	53.72	4.5	41.087	3.5	31.605
7	97.862	7	85.788	6	67.846	5.5	53.230	5	41.070	4	31.674
7.5	98.339	7.5	85.173	6.5	67.280	6	52.952	5.5	40.720	4.5	31.466
8	98.180	8	84.468	7	67.062	6.5	52.803	6	40.839	5	31.485
8.5	96.492	8.5	84.051	7.5	66.526	7	52.367	6.5	40.432	5.5	31.460
9	94.019	9	82.303	8	66.188	7.5	51.880	7	40.372	6	31.485
9.5	85.215	9.5	76.753	8.5	65.076	8	51.442	7.5	39.667	6.5	31.297
10	15.460	10	40.471	9	64.023	8.5	51.185	8	39.498	7	31.198
10.5	8.490	10.5	12.948	9.5	62.882	9	50.123	8.5	39.042	7.5	31.059
11	7.457	11	9.304	10	59.069	9.5	49.437	9	37.195	9	29.917
11.5	6.732	11.5	8.092	10.5	36.013	10	48.087	9.5	37.850	8.5	30.870
12	5.527	12	6.451	11	13.563	10.5	45.059	10	37.195	9	30.393
12.5	5.491	12.5	6.206	11.5	10.197	11	28.090	10.5	36.400	9.5	29.718
12.54	5.004	13	5.719	12	8.787	11.5	12.183	11	34.246	10	28.914
				12.5	7.844	12	9.512	11.5	23.532	10.5	28.368
				13	7.000	12.5	8.380	12	10.942	11	27.534
				13.5	6.275	13	7.606	12.5	8.390	11.5	25.905
				13.65	6.106	13.5	6.911	13	7.526	12	18.101
						14	6.196	13.5	6.762	12.5	9.175
						14.3	5.819	14	6.206	13	7.268
								14.5	5.779	13.5	6.414
								14.93	5.501	14	5.858
										14.5	5.540
										15	5.064
										15.5	4.766
										15.6	4.816

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANOX = -0.8 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.632	-13	4.029	-13.65	4.555	-14.3	4.257	-14.95	3.940	-15.6	3.414
-12.5	3.692	-12.5	4.476	-13.5	4.905	-14	4.495	-14.5	4.307	-15.5	3.434
-12	3.920	-12	4.624	-13	4.674	-13.5	4.654	-14	4.485	-15	3.612
-11.5	4.098	-11.5	4.634	-12.5	4.723	-13	4.833	-13.5	4.624	-14.5	4.138
-11	4.096	-11	4.863	-12	5.319	-12.5	5.081	-14	4.743	-14	4.88
-10.5	4.545	-10.5	5.260	-11.5	5.756	-12	5.716	-12.5	5.463	-13.5	4.426
-10	4.595	-10	6.579	-11	5.843	-11.5	6.004	-12	5.488	-13	4.634
-9.5	4.460	-9.5	8.008	-10.5	6.827	-11	6.778	-11.5	5.805	-12.5	5.724
-9	7.790	-9	8.435	-10	8.088	-10.5	7.790	-11	6.599	-12	5.101
-8.5	8.028	-8.5	8.735	-9.5	8.584	-10	7.998	-10.5	6.966	-11.5	5.676
-8	8.147	-8	8.802	-9	9.060	-9.5	8.495	-10	7.562	-11	5.875
-7.5	8.236	-7.5	9.239	-8.5	9.537	-9	8.911	-9.5	7.939	-10.5	6.252
-7	8.405	-7	9.527	-8	9.785	-8.5	9.269	-9	8.048	-10	6.669
-6.5	8.395	-6.5	9.626	-7.5	10.102	-8	9.467	-8.5	8.157	-9.5	6.608
-6	8.653	-6	9.685	-7	10.420	-7.5	10.003	-8	8.485	-9	6.837
-5.5	8.792	-5.5	9.725	-6.5	10.489	-7	9.904	-7.5	8.693	-8.5	7.234
-5	8.753	-5	9.775	-6	10.747	-6.5	10.291	-7	8.802	-8	7.334
-4.5	8.812	-4.5	10.003	-5.5	10.787	-6	10.420	-6.5	9.070	-7.5	7.542
-4	8.862	-4	10.102	-5	10.985	-5.5	10.519	-6	9.398	-7	7.720
-3.5	9.179	-3.5	10.350	-4.5	11.263	-5	10.926	-5.5	9.596	-6.5	8.088
-3	9.497	-3	10.757	-4	11.630	-4.5	11.035	-5	9.834	-6	8.167
-2.5	9.735	-2.5	11.015	-3.5	11.720	-4	11.452	-4.5	10.102	-5.5	8.197
-2	10.827	-2	12.712	-3	12.127	-3.5	11.472	-4	9.834	-5	8.584
-1.5	13.923	-1.5	15.401	-2.5	12.712	-3	12.166	-3.5	10.608	-4.5	8.683
-1	19.411	-1	20.631	-2	13.943	-2.5	12.921	-3	10.837	-4	8.653
-0.5	31.746	-0.5	31.597	-1.5	15.957	-2	14.002	-2.5	11.263	-3.5	9.199
0	69.535	0	62.409	-1	20.026	-1.5	15.441	-2	12.345	-3	9.427
0.5	94.274	0.5	81.502	-0.5	27.429	-1	18.458	-1.5	13.595	-2.5	9.645
1	96.338	1	83.765	0	47.068	-0.5	23.727	-1	15.550	-2	10.420
1.5	96.467	1.5	84.202	0.5	63.293	0	37.640	-0.5	19.430	-1.5	11.422
2	97.450	2	85.224	1	64.831	0.5	49.340	0	28.223	-1	13.288
2.5	97.658	2.5	85.809	1.5	65.873	1	51.245	0.5	37.720	0.5	15.967
3	97.995	3	86.246	2	66.309	1.5	51.652	1	39.218	0	22.140
3.5	98.114	3.5	86.087	2.5	67.113	2	52.039	1.5	39.784	0.5	29.195
4	98.392	4	86.286	3	67.302	2.5	52.188	2	40.081	1	30.644
4.5	98.789	4.5	86.246	3.5	67.639	3	52.436	2.5	40.191	1.5	30.733
5	99.236	5	86.444	4	67.788	3.5	52.952	3	40.607	2	31.279
5.5	98.908	5.5	86.454	4.5	67.986	4	52.883	3.5	40.419	2.5	31.249
6	98.869	6	86.345	5	67.996	4.5	52.774	4	40.786	3	31.317
6.5	98.035	6.5	86.434	5.5	67.728	5	53.002	4.5	40.746	3.5	31.359
7	98.432	7	85.571	6	67.500	5.5	52.843	5	40.816	4	31.517
7.5	98.015	7.5	85.144	6.5	67.401	6	52.555	5.5	40.468	4.5	31.367
8	97.311	8	84.450	7	66.915	6.5	52.714	6	40.478	5	31.636
8.5	96.011	8.5	83.765	7.5	66.270	7	52.069	6.5	40.389	5.5	31.359
9	94.125	9	82.157	8	65.764	7.5	51.692	7	39.923	6	31.418
9.5	65.138	9.5	76.878	8.5	65.019	8	51.235	7.5	39.744	6.5	31.425
10	15.471	10	39.803	9	63.699	8.5	50.759	8	39.228	7	31.021
10.5	5.534	10.5	13.000	9.5	62.568	9	50.144	8.5	38.851	7.5	30.535
11	7.314	11	9.229	10	58.490	9.5	49.152	9	38.325	8	30.475
11.5	6.589	11.5	8.167	10.5	55.288	10	47.822	9.5	37.720	8.5	30.328
12	5.984	12	7.076	11	13.476	10.5	44.845	10	36.856	9	29.741
12.5	5.389	12.5	6.182	11.5	10.043	11	27.627	10.5	36.261	9.5	29.294
12.54	5.041	13	5.627	12	8.772	11.5	12.335	11	33.859	10	28.888
				12.5	7.701	12	9.467	11.5	23.211	10.5	28.332
				13	7.046	12.5	8.634	12	10.777	11	27.607
				13.5	6.292	13	7.780	12.5	8.405	11.5	26.020
				13.65	6.182	13.5	6.758	13	7.601	12	17.932
						14	6.133	13.5	6.837	12.5	8.925
						14.3	5.865	14	6.172	13	7.006
								14.5	5.815	13.5	6.430
								14.95	5.448	14	5.905
										14.5	5.706
										15	5.011
										15.6	4.734
											4.674

PLANO X = -0.6 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.649	-13	4.226	-13.65	4.474	-14.3	4.415	-14.95	3.927	-15.6	3.540
-12.5	3.629	-12.5	4.494	-13.5	4.464	-14	4.494	-14.5	4.375	-15.5	3.500
-12	3.798	-12	4.494	-13	4.713	-13.5	4.703	-14	4.594	-15	3.589
-11.5	3.997	-11.5	4.743	-12.5	4.783	-13	4.763	-13.5	4.564	-14.5	3.689
-11	4.434	-11	4.892	-12	5.320	-12.5	5.131	-13	4.753	-14	4.166
-10.5	4.415	-10.5	5.329	-11.5	5.578	-12	5.777	-12.5	4.971	-13.5	4.385
-10	4.872	-10	6.562	-11	5.817	-11.5	6.005	-12	5.419	-13	4.584
-9.5	6.353	-9.5	8.084	-10.5	6.920	-11	6.652	-11.5	5.846	-12.5	4.812
-9	7.606	-9	8.183	-10	8.014	-10.5	7.487	-11	6.861	-12	3.160
-8.5	8.014	-8.5	8.630	-9.5	8.281	-10	8.054	-10.5	7.040	-11.5	5.097
-8	8.064	-8	9.008	-9	8.958	-9.5	8.561	-10	7.656	-11	6.065
-7.5	8.143	-7.5	9.267	-8.5	9.207	-9	8.750	-9.5	7.795	-10.5	6.344
-7	8.183	-7	9.167	-8	9.694	-8.5	9.197	-9	7.974	-10	6.503
-6.5	8.491	-6.5	9.336	-7.5	10.092	-8	9.306	-8.5	8.203	-9.5	6.791
-6	8.780	-6	9.396	-7	10.251	-7.5	9.794	-8	8.461	-9	6.960
-5.5	8.998	-5.5	9.724	-6.5	10.380	-7	9.873	-7.5	8.799	-8.5	7.109
-5	9.068	-5	9.824	-6	10.529	-6.5	10.251	-7	8.839	-8	7.368
-4.5	9.078	-4.5	9.933	-5.5	10.698	-6	10.410	-6.5	9.277	-7.5	7.557
-4	9.147	-4	10.132	-5	11.017	-5.5	10.440	-6	9.167	-7	7.905
-3.5	9.187	-3.5	10.380	-4.5	11.146	-5	10.927	-5.5	9.585	-6.5	8.093
-3	9.585	-3	10.440	-4	11.474	-4.5	11.086	-5	9.933	-6	8.044
-2.5	9.714	-2.5	10.967	-3.5	11.652	-4	11.325	-4.5	10.142	-5.5	8.173
-2	11.017	-2	12.637	-3	12.269	-3.5	11.683	-4	10.251	-5	8.511
-1.5	13.701	-1.5	15.242	-2.5	12.866	-3	12.001	-3.5	10.669	-4.5	8.541
-1	19.180	-1	20.502	-2	14.089	-2.5	12.727	-3	10.788	-4	8.829
-0.5	31.628	-0.5	31.409	-1.5	16.207	-2	13.781	-2.5	11.255	-3.5	9.217
0	68.536	0	61.705	-1	19.896	-1.5	15.421	-2	12.399	-3	9.267
0.5	93.850	0.5	81.501	-0.5	27.522	-1	18.484	-1.5	13.532	-2.5	9.744
1	96.416	1	83.967	0	46.463	-0.5	23.853	-1	15.451	-2	10.370
1.5	97.410	1.5	84.872	0.5	63.783	0	37.882	-0.5	19.279	-1.5	11.375
2	97.738	2	85.339	1	65.841	0.5	49.605	0	28.079	-1	13.371
2.5	98.633	2.5	85.588	1.5	66.577	1	51.295	0.5	38.171	-0.5	13.889
3	98.364	3	86.005	2	67.114	1.5	52.230	1	39.403	0	22.312
3.5	99.190	3.5	86.871	2.5	67.721	2	52.369	1.5	40.159	0.5	29.490
4	99.229	4	87.000	3	67.000	3	52.707	2	40.189	1	30.813
4.5	99.428	4.5	87.139	3.5	68.098	3	52.876	2.5	40.518	1.5	31.081
5	99.180	5	86.811	4	68.306	3.5	53.174	3	40.994	2	31.320
5.5	99.200	5.5	87.323	4.5	68.307	4	53.304	3.5	40.835	2.5	31.300
6	99.060	6	86.513	5	68.407	4.5	53.204	4	40.885	3	31.668
6.5	99.090	6.5	86.224	5.5	68.108	5	53.433	4.5	40.835	3.5	31.648
7	98.305	7	86.135	6	67.999	5.5	53.015	5	41.014	4	31.757
7.5	97.887	7.5	85.767	6.5	67.611	6	52.757	5.5	40.925	4.5	31.618
8	97.728	8	84.743	7	66.826	6.5	52.846	6	40.746	5	31.658
8.5	97.022	8.5	83.669	7.5	66.866	7	52.240	6.5	40.567	5.5	31.618
9	94.298	9	82.854	8	66.309	7.5	51.892	7	40.159	6	31.777
9.5	85.096	9.5	76.878	8.5	65.543	8	51.355	7.5	40.010	6.5	31.380
10	15.551	10	40.736	9	64.678	8.5	51.056	8	39.642	7	31.250
10.5	8.680	10.5	12.727	9.5	63.187	9	50.152	8.5	39.135	7.5	30.942
11	7.027	11	9.237	10	59.488	9.5	49.316	9	38.638	8	30.614
11.5	6.662	11.5	8.153	10.5	35.675	10	47.984	9.5	37.723	8.5	30.564
12	6.645	12	6.990	11	13.612	10.5	45.051	10	37.365	9	29.498
12.5	5.498	12.5	6.204	11.5	10.311	11	28.098	10.5	36.401	9.5	29.431
12.54	4.971	13	3.866	12	8.829	11.5	12.349	11	34.442	10	29.262
				12.5	7.865	12	9.485	11.5	23.604	10.5	28.297
				13	6.960	12.5	8.432	12	10.907	11	27.880
				13.5	6.353	13	7.676	12.5	8.412	11.5	26.150
				13.65	6.055	13.5	6.920	13	7.666	12	18.106
								13.5	6.831	12.5	9.125
								14	6.383	13	7.209
								14.5	5.906	13.5	6.443
								14.5	5.498	14	5.835
										14.5	5.518
										15	5.115
										15.5	4.812
										15.6	4.783

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANO X = -0.4 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.660	-13	4.048	-13.65	4.416	-14.3	4.406	-14.95	3.789	-15.6	3.491
-12.5	3.550	-12.5	4.276	-13.5	4.515	-14	4.475	-14.5	4.237	-15.5	3.531
-12	3.570	-12	4.215	-13	4.624	-13.5	4.744	-14	4.445	-15	3.531
-11.5	3.958	-11.5	4.674	-12.5	4.624	-13	4.714	-13.5	4.680	-14.5	4.080
-11	4.306	-11	4.903	-12	4.823	-12.5	5.042	-13	4.823	-14	4.416
-10.5	4.595	-10.5	5.122	-11.5	5.349	-12	5.500	-12.5	5.032	-13.5	4.585
-10	4.624	-10	6.415	-11	6.037	-11.5	5.838	-12	5.778	-13	4.505
-9.5	6.355	-9.5	7.707	-10.5	6.773	-11	6.693	-11.5	5.838	-12.5	4.754
-9	7.678	-9	8.155	-10	8.065	-10.5	7.248	-11	6.773	-12	5.211
-8.5	7.757	-8.5	8.513	-9.5	8.642	-10	8.095	-10.5	6.902	-11.5	5.485
-8	8.026	-8	8.501	-9	8.951	-9.5	8.503	-10	7.419	-11	6.017
-7.5	8.185	-7.5	8.980	-8.5	9.299	-9	8.752	-9.5	7.717	-10.5	6.186
-7	8.155	-7	9.110	-8	9.408	-8.5	9.100	-9	8.185	-10	6.454
-6.5	8.424	-6.5	9.358	-7.5	9.776	-8	9.458	-8.5	8.294	-9.5	6.793
-6	8.603	-6	9.607	-7	10.164	-7.5	9.517	-8	8.603	-9	6.842
-5.5	8.941	-5.5	9.567	-6.5	10.253	-7	9.816	-7.5	8.851	-8.5	7.051
-5	8.881	-5	9.806	-6	10.532	-6.5	10.303	-7	8.980	-8	7.568
-4.5	8.921	-4.5	9.766	-5.5	10.751	-6	10.283	-6.5	9.130	-7.5	7.638
-4	8.951	-4	10.025	-5	10.940	-5.5	10.502	-6	9.299	-7	7.757
-3.5	9.159	-3.5	10.114	-4.5	10.910	-5	10.681	-5.5	9.587	-6.5	8.026
-3	9.319	-3	10.601	-4	11.397	-4.5	10.930	-5	9.836	-6	8.085
-2.5	9.796	-2.5	11.119	-3.5	11.526	-4	11.298	-4.5	10.015	-5.5	8.145
-2	10.900	-2	12.541	-3	12.342	-3.5	11.566	-4	10.114	-5	8.483
-1.5	13.883	-1.5	15.136	-2.5	12.700	-3	12.073	-3.5	10.393	-4.5	8.692
-1	19.303	-1	20.696	-2	13.953	-2.5	12.581	-3	10.890	-4	8.911
-0.5	31.446	-0.5	30.929	-1.5	16.051	-2	13.714	-2.5	11.417	-3.5	9.040
0	67.686	0	61.421	-1	19.960	-1.5	15.445	-2	12.282	-3	9.468
0.5	93.981	0.5	81.629	-0.5	27.956	-1	18.359	-1.5	13.774	-2.5	9.786
1	96.229	1	84.315	0	46.841	-0.5	25.649	-1	15.594	-2	10.353
1.5	96.865	1.5	84.693	0.5	63.112	0	37.414	-0.5	19.214	-1.5	11.606
2	97.750	2	85.409	1	65.986	0.5	49.417	0	27.986	-1	13.287
2.5	97.820	2.5	85.737	1.5	66.404	1	51.347	0.5	37.642	-0.5	15.927
3	98.546	3	86.652	2	67.060	1.5	51.755	1	39.194	0	22.307
3.5	98.994	3.5	86.483	2.5	67.259	2	52.411	1.5	40.109	0.5	25.922
4	99.202	4	86.900	3	68.263	2.5	52.630	2	40.039	1	30.432
4.5	99.083	4.5	86.721	3.5	68.412	3	53.087	2.5	40.596	1.5	30.770
5	99.073	5	87.030	4	68.641	3.5	53.017	3	40.735	2	31.526
5.5	99.451	5.5	86.880	4.5	68.164	4	53.266	3.5	41.043	2.5	31.456
6	98.884	6	86.861	5	68.363	4.5	53.425	4	41.004	3	31.566
6.5	98.844	6.5	86.602	5.5	68.194	5	53.300	4.5	40.765	3.5	31.635
7	99.083	7	86.274	6	68.204	5.5	53.445	5	40.845	4	31.645
7.5	98.476	7.5	85.617	6.5	67.537	6	53.186	5.5	40.845	4.5	32.003
8	97.880	8	85.249	7	67.139	6.5	52.689	6	40.815	5	31.725
8.5	97.383	8.5	84.394	7.5	67.000	7	52.242	6.5	40.506	5.5	31.675
9	94.280	9	82.848	8	66.453	7.5	52.092	7	40.268	6	31.536
9.5	65.061	9.5	77.343	8.5	65.807	8	51.426	7.5	40.039	6.5	31.606
10	15.534	10	40.397	9	64.524	8.5	50.839	8	39.751	7	31.158
10.5	8.583	10.5	13.197	9.5	63.510	9	50.064	8.5	39.442	7.5	30.616
11	7.429	11	9.179	10	59.303	9.5	49.477	9	38.537	8	30.840
11.5	6.534	11.5	8.056	10.5	55.852	10	48.075	9.5	38.080	8.5	30.313
12	5.888	12	7.021	11	53.565	10.5	45.101	10	37.344	9	30.016
12.5	5.450	12.5	6.226	11.5	50.273	11	27.906	10.5	36.409	9.5	29.626
12.54	5.181	13	5.689	12	48.822	11.5	12.421	11	34.291	10	29.080
				12.5	7.946	12	9.667	11.5	22.500	10.5	28.294
				13	7.001	12.5	8.443	12	11.089	11	27.826
				13.5	6.355	13	7.648	12.5	8.483	11.5	25.937
				13.65	6.335	13.5	6.991	13	7.449	12	18.021
						14	6.156	13.5	6.902	12.5	9.239
						14.5	5.798	14	6.365	13	6.952
						14.5	5.798	14.5	5.798	13.5	6.425
								14.95	5.291	14	5.947
										14.5	5.669
										15	4.813
										15.5	4.813
										15.6	4.754

PLANO X = -0.2 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.654	-13	4.041	-13.65	4.478	-14.3	4.498	-14.95	4.140	-15.6	3.435
-12.5	3.634	-12.5	4.329	-13.5	4.418	-14	4.488	-14.9	4.190	-15.5	3.564
-12	3.684	-12	4.478	-13	4.576	-13.5	4.716	-14	4.488	-15	3.733
-11.5	3.962	-11.5	4.607	-12.5	4.706	-13	4.905	-13.5	4.607	-14.5	3.743
-11	4.220	-11	4.885	-12	5.103	-12.5	4.845	-13	4.746	-14	4.071
-10.5	4.508	-10.5	5.252	-11.5	5.560	-12	5.719	-12.5	5.044	-13.5	4.408
-10	4.666	-10	6.275	-11	5.749	-11.5	5.937	-12	5.431	-13	4.488
-9.5	6.334	-9.5	7.645	-10.5	6.890	-11	6.652	-11.5	5.788	-12.5	4.726
-9	7.337	-9	8.092	-10	7.923	-10.5	7.744	-11	6.781	-12	4.815
-8.5	7.754	-8.5	8.459	-9.5	8.419	-10	8.201	-10.5	7.039	-11.5	5.079
-8	7.913	-8	8.648	-9	8.846	-9.5	8.390	-10	7.208	-11	6.047
-7.5	8.122	-7.5	8.936	-8.5	9.204	-9	8.688	-9.5	7.863	-10.5	6.245
-7	8.241	-7	9.194	-8	9.591	-8.5	8.946	-9	8.062	-10	6.424
-6.5	8.568	-6.5	9.144	-7.5	9.839	-8	9.402	-8.5	8.171	-9.5	6.811
-6	8.678	-6	9.402	-7	10.078	-7.5	9.641	-8	8.350	-9	7.010
-5.5	8.707	-5.5	9.690	-6.5	10.236	-7	9.760	-7.5	8.638	-8.5	7.724
-5	8.866	-5	9.502	-6	10.435	-6.5	10.137	-7	8.757	-8	7.427
-4.5	8.747	-4.5	9.819	-5.5	10.733	-6	10.256	-6.5	9.015	-7.5	7.566
-4	8.936	-4	10.177	-5	10.902	-5.5	10.485	-6	9.333	-7	7.724
-3.5	9.095	-3.5	10.246	-4.5	11.031	-5	10.753	-5.5	9.412	-6.5	7.983
-3	9.472	-3	10.435	-4	11.229	-4.5	10.862	-5	9.809	-6	8.201
-2.5	9.829	-2.5	10.951	-3.5	11.666	-4	11.289	-4.5	9.978	-5.5	8.231
-2	10.872	-2	12.431	-3	12.172	-3.5	11.696	-4	10.167	-5	8.519
-1.5	13.999	-1.5	15.250	-2.5	12.689	-3	12.043	-3.5	10.326	-4.5	8.628
-1	19.500	-1	20.332	-2	13.761	-2.5	12.689	-3	10.733	-4	8.995
-0.5	31.295	-0.5	30.828	-1.5	16.015	-2	13.791	-2.5	11.209	-3.5	9.065
0	67.534	0	60.277	-1	19.676	-1.5	13.369	-2	12.331	-3	9.253
0.5	93.508	0.5	81.514	-0.5	27.055	-1	18.239	-1.5	13.622	-2.5	9.700
1	96.099	1	83.778	0	45.384	-0.5	23.789	-1	15.528	-2	10.405
1.5	96.725	1.5	84.592	0.5	63.235	0	36.805	-0.5	19.192	-1.5	11.597
2	97.310	2	85.406	1	65.990	0.5	49.444	0	27.840	-1	13.155
2.5	98.035	2.5	85.843	1.5	66.462	1	50.973	0.5	37.848	-0.5	15.836
3	98.383	3	85.775	2	66.949	1.5	51.778	1	39.317	0	21.893
3.5	98.286	3.5	86.260	2.5	67.673	2	52.794	1.5	39.724	0.5	28.299
4	98.690	4	86.319	3	67.723	2.5	52.324	2	40.231	1	30.242
4.5	98.859	4.5	86.895	3.5	68.269	3	52.820	2.5	40.419	1.5	30.739
5	99.068	5	86.707	4	68.349	3.5	52.790	3	40.638	2	31.156
5.5	99.246	5.5	86.429	4.5	68.835	4	53.535	3.5	40.896	2.5	31.583
6	98.879	6	86.379	5	68.120	4.5	53.207	4	40.866	3	31.583
6.5	98.780	6.5	86.121	5.5	67.941	5	52.969	4.5	41.114	3.5	31.722
7	98.581	7	86.190	6	67.872	5.5	52.820	5	41.593	4	31.593
7.5	98.522	7.5	86.131	6.5	67.912	6	52.830	5.5	41.075	4.5	31.662
8	98.65	8	85.187	7	67.435	6.5	52.961	6	40.687	5	32.030
8.5	97.290	8.5	83.797	7.5	66.452	7	52.602	6.5	40.568	5.5	32.039
9	94.232	9	82.507	8	66.035	8	51.837	7	40.409	6	31.494
9.5	85.112	9.5	77.155	8.5	65.092	8.5	51.301	7.5	39.804	6.5	31.424
10	15.250	10	40.290	9	64.387	8.5	50.715	8	39.387	7	31.196
10.5	8.827	10.5	12.798	9.5	62.640	9	50.348	8.5	38.890	7.5	30.997
11	7.298	11	9.303	10	58.936	9.5	49.166	9	38.295	8	30.709
11.5	6.583	11.5	8.202	10.5	55.674	10	48.144	9.5	38.185	8.5	30.322
12	5.908	12	6.970	11	53.662	10.5	48.947	10	37.044	9	30.004
12.5	5.471	12.5	6.186	11.5	51.777	11	48.138	10.5	36.378	9.5	29.677
12.54	5.163	13	5.888	12	4.888	11.5	47.302	11	34.333	10	29.160
				12.5	7.854	12	9.492	11.5	23.491	10.5	28.247
				13	6.920	12.5	8.350	12	10.902	11	27.800
				13.5	6.374	13	7.675	12.5	8.469	11.5	25.953
				13.65	6.056	13.5	6.851	13	7.724	12	19.961
						14	6.136	13.5	6.881	12.5	9.015
								14	6.384	13	7.228
								14.5	5.699	13.5	6.454
								14.95	5.451	14	5.987
										14.5	5.560
										15	4.925
										15.5	4.547
										15.6	4.676

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



PLANOX = 0 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.614	-13	3.933	-13.65	4.500	-14.3	4.490	-14.95	4.201	-15.6	3.455
-12.3	3.694	-12.5	4.331	-13.5	4.430	-14	4.580	-14.5	4.152	-15.5	3.564
-12	3.823	-12	4.620	-13	4.649	-13.5	4.689	-14	4.520	-15	3.704
-11.5	3.893	-11.5	4.580	-12.5	4.399	-13	4.808	-13.5	4.649	-14.5	3.943
-11	4.201	-11	4.829	-12	4.918	-12.5	5.097	-13	4.590	-14	4.172
-10.5	4.610	-10.5	5.028	-11.5	5.466	-12	5.297	-12.5	4.948	-13.5	4.341
-10	4.749	-10	5.202	-11	5.224	-11.5	5.274	-12	5.087	-13	4.629
-9.5	6.382	-9.5	7.666	-10.5	6.820	-11	6.591	-11.5	5.874	-12.5	4.759
-9	7.547	-9	8.253	-10	8.104	-10.5	7.636	-11	6.740	-12	4.968
-8.5	7.706	-8.5	8.462	-9.5	8.225	-10	8.104	-10.5	7.079	-11.5	5.235
-8	7.995	-8	8.572	-9	8.771	-9.5	8.243	-10	7.367	-11	6.023
-7.5	8.144	-7.5	8.761	-8.5	9.120	-9	8.662	-9.5	7.626	-10.5	6.133
-7	8.154	-7	9.110	-8	9.488	-8.5	9.050	-9	7.925	-10	6.531
-6.5	8.413	-6.5	9.159	-7.5	9.647	-8	9.458	-8.5	8.034	-9.5	6.730
-6	8.632	-6	9.528	-7	9.916	-7.5	9.358	-8	8.253	-9	7.049
-5.5	8.622	-5.5	9.637	-6.5	10.284	-7	9.487	-7.5	8.602	-8.5	6.949
-5	8.761	-5	9.697	-6	10.513	-6.5	10.075	-7	9.020	-8	7.318
-4.5	9.010	-4.5	9.946	-5.5	10.752	-6	10.245	-6.5	9.050	-7.5	7.547
-4	9.060	-4	10.085	-5	10.832	-5.5	10.573	-6	9.259	-7	7.865
-3.5	9.309	-3.5	10.394	-4.5	11.071	-5	10.812	-5.5	9.597	-6.5	7.795
-3	9.647	-3	10.513	-4	11.290	-4.5	11.161	-5	9.767	-6	8.014
-2.5	9.846	-2.5	10.961	-3.5	11.738	-4	11.330	-4.5	10.006	-5.5	8.194
-2	10.892	-2	12.534	-3	12.007	-3.5	11.718	-4	10.334	-5	8.253
-1.5	14.137	-1.5	15.342	-2.5	12.724	-3	11.917	-3.5	10.314	-4.5	8.582
-1	19.723	-1	20.917	-2	13.948	-2.5	12.664	-3	10.852	-4	8.831
-0.5	31.142	-0.5	30.714	-1.5	16.238	-2	13.729	-2.5	11.071	-3.5	9.060
0	67.063	0	59.665	-1	20.091	-1.5	15.372	-2	12.116	-3	9.289
0.5	93.734	0.5	81.479	-0.5	27.060	-1	18.617	-1.5	13.649	-2.5	9.717
1	96.721	1	84.157	0	45.249	-0.5	23.615	-1	15.919	-2	10.633
1.5	97.060	1.5	84.675	0.5	63.040	0	36.338	-0.5	19.085	-1.5	11.569
2	97.756	2	85.302	1	65.380	0.5	49.252	0	27.578	-1	13.311
2.5	98.234	2.5	85.690	1.5	66.246	1	51.398	0.5	37.792	-0.5	13.999
3	98.533	3	86.467	2	66.873	1.5	52.029	1	39.196	0	21.953
3.5	99.031	3.5	86.785	2.5	67.481	2	52.298	1.5	39.764	0.5	29.280
4	99.120	4	86.895	3	67.550	2.5	53.003	2	40.451	1	30.475
4.5	99.210	4.5	86.656	3.5	67.670	3	52.905	2.5	40.839	1.5	30.973
5	98.961	5	87.114	4	68.048	3.5	53.383	3	40.839	2	31.082
5.5	99.529	5.5	86.825	4.5	67.989	4	53.353	3.5	40.958	2.5	31.421
6	99.359	6	86.925	5	68.247	4.5	53.353	4	40.829	3	31.500
6.5	99.558	6.5	86.317	5.5	68.058	5	53.274	4.5	41.237	3.5	31.680
7	98.941	7	86.467	6	67.989	5.5	53.015	5	41.167	4	31.689
7.5	98.623	7.5	85.700	6.5	67.540	6	52.736	5.5	40.998	4.5	31.799
8	97.687	8	85.013	7	67.112	6.5	53.124	6	40.480	5	31.779
8.5	97.079	8.5	84.117	7.5	66.734	7	52.617	6.5	40.739	5.5	31.719
9	94.033	9	82.514	8	66.077	7.5	51.870	7	40.003	6	31.610
9.5	64.803	9.5	77.466	8.5	65.689	8	51.371	7.5	40.062	6.5	31.500
10	15.382	10	40.530	9	64.344	8.5	50.845	8	39.774	7	31.172
10.5	8.831	10.5	12.913	9.5	63.011	9	50.177	8.5	39.226	7.5	31.003
11	7.328	11	9.329	10	59.028	9.5	49.351	9	38.519	8	30.744
11.5	6.790	11.5	7.895	10.5	35.433	10	48.137	9.5	38.141	8.5	30.266
12	5.854	12	7.079	11	13.500	10.5	45.269	10	37.165	9	30.097
12.5	5.615	12.5	6.412	11.5	10.284	11	28.245	10.5	36.140	9.5	29.589
12.54	5.207	13	5.944	12	8.851	11.5	12.383	11	34.168	10	29.181
				12.5	8.034	12	9.667	11.5	23.426	10.5	28.404
				13	7.039	12.5	8.432	12	10.792	11	27.737
				13.5	6.272	13	7.547	12.5	8.542	11.5	26.084
				13.65	6.173	13.5	6.889	13	7.566	12	18.050
						14	6.222	13.5	6.790	12.5	9.740
						14.3	5.944	14	6.173	13	7.099
								14.5	5.814	13.5	6.501
								14.95	5.496	14	5.884
										14.3	5.555
										15	5.028
										15.5	4.360
										15.6	4.709

PLANO X = 0.2 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.554	-13	3.881	-13.65	4.515	-14.3	4.327	-14.95	3.772	-15.6	3.426
-12.5	3.503	-12.5	4.426	-13.5	4.535	-14.5	4.554	-14.5	4.198	-15.5	3.416
-12	3.624	-12	4.495	-13	4.495	-13.5	4.733	-14	4.515	-15	3.663
-11.5	3.822	-11.5	4.644	-12.5	4.683	-13	4.723	-13.5	4.485	-14.5	3.881
-11	4.436	-11	4.673	-12	5.089	-12.5	4.980	-13	4.792	-14	4.049
-10.5	4.356	-10.5	4.782	-11.5	5.366	-12	5.455	-12.5	4.871	-13.5	4.406
-10	4.733	-10	6.346	-11	5.713	-11.5	5.931	-12	5.148	-13	4.415
-9.5	6.297	-9.5	7.703	-10.5	6.832	-11	6.485	-11.5	5.891	-12.5	4.523
-9	7.148	-9	8.099	-10	7.941	-10.5	7.554	-11	6.594	-12	4.772
-8.5	7.653	-8.5	8.366	-9.5	8.406	-10	7.950	-10.5	7.000	-11.5	5.772
-8	8.000	-8	8.663	-9	8.782	-9.5	8.406	-10	7.394	-11	5.782
-7.5	7.921	-7.5	8.752	-8.5	9.000	-9	8.653	-9.5	7.802	-10.5	6.218
-7	8.287	-7	9.030	-8	9.238	-8.5	9.079	-9	7.832	-10	6.127
-6.5	8.178	-6.5	9.158	-7.5	9.762	-8	9.287	-8.5	8.049	-9.5	6.644
-6	8.376	-6	9.614	-7	10.030	-7.5	9.693	-8	8.406	-9	6.921
-5.5	8.603	-5.5	9.238	-6.5	10.336	-7	9.752	-7.5	8.525	-8.5	7.168
-5	8.594	-5	9.792	-6	10.396	-6.5	9.970	-7	8.812	-8	7.386
-4.5	8.832	-4.5	9.742	-5.5	10.634	-6	10.426	-6.5	9.020	-7.5	7.732
-4	8.861	-4	10.000	-5	10.832	-5.5	10.297	-6	9.178	-7	7.594
-3.5	9.040	-3.5	10.257	-4.5	10.950	-5	10.713	-5.5	9.465	-6.5	7.950
-3	9.366	-3	10.344	-4	11.327	-4.5	11.020	-5	9.633	-6	8.059
-2.5	9.483	-2.5	10.921	-3.5	11.673	-4	11.267	-4.5	9.871	-5.5	8.297
-2	10.703	-2	12.079	-3	12.168	-3.5	11.535	-4	10.040	-5	8.436
-1.5	13.723	-1.5	14.832	-2.5	12.634	-3	11.921	-3.5	10.535	-4.5	8.535
-1	18.614	-1	20.138	-2	13.861	-2.5	12.505	-3	10.683	-4	8.941
-0.5	29.940	-0.5	29.930	-1.5	15.832	-2	13.673	-2.5	11.049	-3.5	8.970
0	64.366	0	39.039	-1	19.416	-1.5	15.356	-2	12.188	-3	9.465
0.5	93.474	0.5	81.177	-0.5	26.287	-1	18.168	-1.5	13.624	-2.5	9.604
1	96.118	1	83.425	0	44.217	-0.5	23.475	-1	15.356	-2	10.455
1.5	97.227	1.5	84.465	0.5	62.643	0	36.524	-0.5	19.069	-1.5	11.386
2	97.276	2	85.108	1	65.168	0.5	49.247	0	26.881	-1	13.168
2.5	98.138	2.5	85.373	1.5	66.197	1	51.118	0.5	37.584	0.5	15.792
3	98.009	3	86.138	2	67.128	1.5	51.940	1	39.237	0	21.921
3.5	99.009	3.5	86.484	2.5	67.049	2	52.029	1.5	39.940	0.5	28.109
4	98.940	4	86.544	3	67.811	2.5	52.465	2	40.346	1	30.416
4.5	98.910	4.5	86.702	3.5	67.910	3	52.603	2.5	40.415	1.5	31.010
5	98.940	5	86.653	4	68.247	3.5	53.009	3	40.604	2	31.148
5.5	98.761	5.5	86.593	4.5	68.237	4	53.009	3.5	40.633	2.5	31.307
6	98.534	6	86.187	5	68.049	4.5	53.029	4	40.584	3	31.455
6.5	98.653	6.5	86.554	5.5	67.692	5	53.217	4.5	40.782	3.5	31.626
7	98.296	7	85.425	6	67.881	5.5	52.920	5	40.861	4	31.614
7.5	97.554	7.5	85.336	6.5	67.118	6	52.841	5.5	40.722	4.5	31.821
8	97.296	8	84.465	7	66.910	6.5	52.584	6	40.524	5	31.633
8.5	96.375	8.5	83.633	7.5	66.465	7	51.950	6.5	40.336	5.5	31.534
9	94.207	9	82.049	8	66.019	7.5	51.633	7	40.069	6	31.435
9.5	65.534	9.5	76.316	8.5	65.088	8	51.364	7.5	39.623	6.5	31.376
10	15.525	10	39.396	9	64.188	8.5	50.643	8	39.574	7	31.208
10.5	8.601	10.5	12.604	9.5	62.752	9	48.871	8.5	38.792	7.5	30.713
11	7.86	11	9.040	10	59.089	9.5	49.050	9	38.693	8	30.861
11.5	6.485	11.5	8.059	10.5	35.643	10	48.217	9.5	37.920	8.5	30.336
12	6.010	12	7.198	12.5	13.495	10.5	44.643	10	37.237	9	30.000
12.5	5.346	12.5	6.158	11.5	10.307	11	27.693	10.5	36.376	9.5	29.594
12.54	4.891	13	5.883	12	8.643	11.5	12.119	11	34.089	10	29.188
				12.5	7.851	12	9.594	11.5	23.534	10.5	28.505
				13	6.891	12.5	8.337	12	10.970	11	27.782
				13.5	6.218	13	7.693	12.5	8.148	11.5	26.029
				13.62	5.960	13.5	6.762	13	7.693	12	17.911
						14	6.257	13.5	6.822	12.5	9.158
						14.3	5.901	14	6.188	13	7.119
								14.5	5.861	13.5	6.386
								14.95	5.505	14	5.861
										14.5	5.534
										15	4.970
										15.5	4.762
										15.6	4.782

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANO X = 0.4 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-13.54	3.465	-13	4.188	-13.65	4.495	-14.3	4.386	-14.95	3.822	-15.6	3.406
-12.5	3.406	-12.5	4.406	-13.3	4.485	-14	4.604	-14.5	4.317	-15.5	3.455
-12	3.713	-12	4.495	-13	4.663	-13.5	4.663	-14	4.556	-15	3.594
-11.5	4.049	-11.5	4.673	-12.5	4.822	-13	4.901	-13.5	4.673	-14.5	3.970
-11	4.158	-11	4.772	-12	5.049	-12.5	5.188	-13	4.574	-14	4.089
-10.5	4.386	-10.5	4.960	-11.5	5.475	-12	5.515	-12.5	4.881	-13.5	4.267
-10	4.772	-10	6.188	-11	5.782	-11.5	5.782	-12	5.228	-13	4.370
-9.5	6.257	-9.5	7.831	-10.5	6.752	-11	6.594	-11.5	5.891	-12.5	4.525
-9	7.356	-9	8.327	-10	7.960	-10.5	7.624	-11	6.544	-12	5.138
-8.5	7.624	-8.5	8.445	-9.5	8.513	-10	8.129	-10.5	7.000	-11.5	5.643
-8	7.891	-8	8.364	-9	8.911	-9.5	8.485	-10	7.406	-11	6.030
-7.5	8.109	-7.5	9.020	-8.5	9.069	-9	8.673	-9.5	7.604	-10.5	6.228
-7	8.178	-7	9.208	-8	9.386	-8.5	8.901	-9	7.841	-10	6.346
-6.5	8.356	-6.5	9.277	-7.5	9.827	-8	9.287	-8.5	8.287	-9.5	6.693
-6	8.624	-6	9.297	-7	9.980	-7.5	9.653	-8	8.366	-9	6.841
-5.5	8.525	-5.5	9.663	-6.5	10.505	-7	10.070	-7.5	8.515	-8.5	7.020
-5	8.822	-5	9.693	-6	10.425	-6.5	10.257	-7	8.871	-8	7.168
-4.5	8.633	-4.5	9.693	-5.5	10.683	-6	10.297	-6.5	9.010	-7.5	7.435
-4	9.010	-4	10.099	-5	10.772	-5.5	10.445	-6	9.247	-7	7.811
-3.5	9.218	-3.5	10.267	-4.5	11.109	-5	10.673	-5.5	9.515	-6.5	7.841
-3	9.574	-3	10.346	-4	11.317	-4.5	10.881	-5	9.782	-6	8.039
-2.5	9.703	-2.5	11.218	-3.5	11.871	-4	11.317	-4.5	10.010	-5.5	8.228
-2	10.653	-2	12.297	-3	12.079	-3.5	11.416	-4	10.257	-5	8.416
-1.5	13.465	-1.5	14.821	-2.5	12.653	-3	12.138	-3.5	10.534	-4.5	8.584
-1	18.326	-1	19.891	-2	13.732	-2.5	12.455	-3	10.663	-4	8.901
-0.5	29.346	-0.5	29.524	-1.5	15.732	-2	13.772	-2.5	11.069	-3.5	9.138
0	64.157	0	38.969	-1	19.376	-1.5	15.217	-2	12.109	-3	9.267
0.5	93.324	0.5	61.641	-0.5	25.871	-1	18.158	-1.5	13.168	-2.5	9.643
1	95.839	1	84.166	0	43.811	-0.5	23.287	-1	15.287	-2	10.218
1.5	97.007	1.5	84.513	0.5	62.988	0	36.346	-0.5	18.782	-1.5	11.326
2	97.186	2	85.206	1	65.780	0.5	49.048	0	26.801	-1	12.861
2.5	98.146	2.5	85.730	1.5	66.028	1	50.939	0.5	37.355	-0.5	15.643
3	98.512	3	86.156	2	66.949	1.5	51.513	1	39.108	0	17.732
3.5	99.007	3.5	86.671	2.5	67.038	2	52.326	1.5	39.503	0.5	29.197
4	98.898	4	86.671	3	67.592	2.5	52.335	2	40.138	1	30.326
4.5	98.591	4.5	86.621	3.5	67.850	3	52.860	2.5	40.395	1.5	30.791
5	98.918	5	86.532	4	67.869	3.5	52.989	3	40.850	2	31.286
5.5	98.681	5.5	86.522	4.5	67.939	4	52.959	3.5	40.930	2.5	31.336
6	98.799	6	86.681	5	67.721	4.5	53.008	4	40.940	3	31.445
6.5	98.314	6.5	86.186	5.5	67.860	5	53.048	4.5	40.593	3.5	31.405
7	98.344	7	85.443	6	67.493	5.5	53.117	5	41.039	4	31.762
7.5	97.789	7.5	85.136	6.5	67.196	6	52.791	5.5	40.712	4.5	31.623
8	97.938	8	84.295	7	66.879	6.5	52.662	6	40.821	5	31.692
8.5	96.235	8.5	83.562	7.5	66.246	7	52.256	6.5	40.296	5.5	31.534
9	93.978	9	81.998	8	65.513	7.5	51.999	7	39.940	6	31.445
9.5	64.840	9.5	76.364	8.5	65.018	8	51.325	7.5	39.593	6.5	31.366
10	15.623	10	39.593	9	63.979	8.5	50.959	8	39.484	7	31.118
10.5	8.792	10.5	12.643	9.5	62.721	9	49.969	8.5	39.197	7.5	30.762
11	7.426	11	9.168	10	58.682	9.5	48.979	9	38.504	8	30.326
11.5	6.594	11.5	8.069	10.5	35.890	10	48.137	9.5	37.722	8.5	30.336
12	5.590	12	6.881	11	13.584	10.5	44.771	10	37.167	9	29.950
12.5	5.475	12.5	6.109	11.5	10.148	11	27.643	10.5	36.484	9.5	29.534
12.54	5.049	13	5.792	12	8.762	11.5	12.089	11	34.207	10	28.890
				12.5	7.802	12	9.287	11.5	23.356	10.5	28.534
				13	6.901	12.5	8.376	12	10.980	11	27.593
				13.5	6.455	13	7.503	12.5	8.356	11.5	26.098
				13.65	6.109	13.5	6.812	13	7.574	12	17.920
						14	6.336	13.5	6.940	12.5	8.905
						14.3	5.931	14	6.099	13	7.228
								14.5	5.792	13.5	6.356
								14.95	5.426	14	5.762
										14.5	5.495
										15	5.138
										15.5	4.702
										15.6	4.683

PLANO X = 0.6 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.678	-13	3.827	-13.65	4.432	-14.3	4.402	-14.95	3.738	-15.6	3.430
-12.5	3.579	-12.5	4.422	-13.5	4.511	-14	4.580	-14.5	4.184	-15.5	3.460
-12	3.576	-12	4.442	-13	4.630	-13.5	4.630	-14	4.352	-15	3.539
-11.5	3.767	-11.5	4.630	-12.5	4.690	-13	4.680	-13.5	4.551	-14.5	3.728
-11	4.333	-11	4.709	-12	4.947	-12.5	4.957	-13	4.462	-14	4.680
-10.5	4.501	-10.5	3.066	-11.5	5.493	-12	5.493	-12.5	4.699	-13.5	4.243
-10	4.680	-10	6.335	-11	5.859	-11.5	5.760	-12	5.413	-13	4.481
-9.5	6.343	-9.5	7.783	-10.5	6.851	-11	6.514	-11.5	5.939	-12.5	4.670
-9	7.406	-9	8.219	-10	8.041	-10.5	7.515	-11	6.494	-12	5.126
-8.5	7.654	-8.5	8.388	-9.5	8.437	-10	8.070	-10.5	6.990	-11.5	5.671
-8	8.051	-8	8.794	-9	8.834	-9.5	8.437	-10	7.347	-11	6.021
-7.5	8.180	-7.5	8.933	-8.5	9.161	-9	8.675	-9.5	7.773	-10.5	6.107
-7	8.150	-7	9.260	-8	9.270	-8.5	8.873	-9	8.001	-10	6.543
-6.5	8.269	-6.5	9.280	-7.5	9.726	-8	9.201	-8.5	8.539	-9.5	6.563
-6	8.366	-6	9.686	-7	10.133	-7.5	9.548	-8	8.368	-9	6.960
-5.5	8.735	-5.5	9.746	-6.5	10.341	-7	9.914	-7.5	8.596	-8.5	7.079
-5	8.794	-5	9.686	-6	10.509	-6.5	10.172	-7	8.854	-8	7.507
-4.5	8.943	-4.5	10.123	-5.5	10.817	-6	10.222	-6.5	9.141	-7.5	7.624
-4	9.111	-4	10.212	-5	10.906	-5.5	10.589	-6	9.379	-7	7.852
-3.5	9.220	-3.5	10.489	-4.5	11.253	-5	10.737	-5.5	9.448	-6.5	7.852
-3	9.419	-3	10.708	-4	11.322	-4.5	11.065	-5	9.677	-6	8.120
-2.5	9.855	-2.5	11.164	-3.5	11.937	-4	11.293	-4.5	9.855	-5.5	8.388
-2	10.747	-2	12.284	-3	12.553	-3.5	11.808	-4	10.232	-5	8.536
-1.5	13.484	-1.5	14.882	-2.5	12.790	-3	11.957	-3.5	10.549	-4.5	8.685
-1	18.530	-1	19.740	-2	13.722	-2.5	12.899	-3	10.827	-4	8.854
-0.5	29.030	-0.5	29.386	-1.5	15.814	-2	13.513	-2.5	11.184	-3.5	9.082
0	63.909	0	28.763	-1	19.323	-1.5	15.139	-2	11.996	-3	9.161
0.5	93.166	0.5	81.189	-0.5	25.629	-1	17.965	-1.5	13.475	-2.5	9.756
1	96.279	1	84.084	0	44.020	-0.5	23.071	-1	15.080	-2	10.380
1.5	96.634	1.5	84.055	0.5	62.491	0	35.950	-0.5	18.619	-1.5	11.412
2	97.380	2	85.046	1	64.960	0.5	49.027	0	25.710	-1	12.562
2.5	97.291	2.5	85.611	1.5	65.891	1	50.821	0.5	37.655	-0.5	13.667
3	98.431	3	86.057	2	66.367	1.5	52.001	1	39.430	0	21.356
3.5	98.659	3.5	86.375	2.5	67.042	2	52.091	1.5	39.638	0.5	29.228
4	99.145	4	86.791	3	67.498	2.5	52.477	2	40.163	1	30.279
4.5	98.946	4.5	86.632	3.5	67.736	3	52.626	2.5	40.124	1.5	30.874
5	98.897	5	86.355	4	67.845	3.5	52.913	3	40.719	2	31.062
5.5	98.669	5.5	86.385	4.5	68.033	4	53.181	3.5	40.540	2.5	31.171
6	98.785	6	86.157	5	67.726	4.5	53.013	4	41.016	3	31.518
6.5	98.649	6.5	86.335	5.5	68.033	5	53.141	4.5	40.947	3.5	31.637
7	98.381	7	85.492	6	67.309	5.5	53.092	5	40.748	4	31.320
7.5	97.935	7.5	85.443	6.5	66.804	6	52.715	5.5	40.719	4.5	31.697
8	96.983	8	84.441	7	66.724	6.5	52.368	6	40.510	5	31.399
8.5	96.349	8.5	83.311	7.5	66.338	7	52.319	6.5	40.243	5.5	31.459
9	93.969	9	81.685	8	65.683	7.5	51.426	7	39.935	6	31.508
9.5	64.890	9.5	76.143	8.5	64.841	8	51.069	7.5	39.797	6.5	31.102
10	15.268	10	38.865	9	64.047	8.5	50.365	8	39.222	7	31.042
10.5	11.74	10.5	12.482	9.5	62.570	9	49.939	8.5	39.053	7.5	30.765
11	7.466	11	9.151	10	58.872	9.5	49.067	9	38.518	8	30.507
11.5	11.74	11.5	7.832	10.5	35.087	10	48.016	9.5	37.925	8.5	30.001
12	9.919	12	6.811	11	13.563	10.5	44.377	10	37.090	9	29.872
12.5	5.324	12.5	6.127	11.5	10.073	11	27.661	10.5	36.346	9.5	29.396
12.54	5.096	13	5.641	12	8.705	11.5	12.244	11	34.163	10	28.762
				12.5	7.773	12	9.409	11.5	23.329	10.5	28.256
				13	6.811	12.5	8.170	12	10.906	11	27.751
				13.5	6.335	13	7.545	12.5	8.090	11.5	25.659
				13.65	5.859	13.5	6.772	13	7.504	12	17.906
						14	6.147	13.5	6.781	12.5	9.756
						14.3	5.978	14	6.187	13	7.069
								14.5	5.770	13.5	6.434
								14.95	5.532	14	5.859
										14.5	5.602
										15	4.918
										15.5	4.640
										15.6	4.521

PLANO X = 0.8 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.653	-13	4.011	-13.65	4.399	-14.3	4.419	-14.95	3.782	-15.6	3.424
-12.5	3.583	-12.5	4.469	-13.5	4.449	-14	4.459	-14.5	4.240	-15.3	3.333
-12	3.732	-12	4.409	-13	4.648	-13.5	4.638	-14	4.588	-15	3.643
-11.5	4.210	-11.5	4.698	-12.5	4.827	-13	4.827	-13.5	4.489	-14.5	3.762
-11	4.419	-11	4.817	-12	5.126	-12.5	5.086	-13	4.847	-14	4.141
-10.5	4.499	-10.5	5.315	-11.5	5.614	-12	5.614	-12.5	4.797	-13.5	4.389
-10	4.177	-10	6.539	-11	5.902	-11.5	5.862	-12	5.105	-13	4.698
-9.5	6.380	-9.5	7.982	-10.5	6.798	-11	6.579	-11.5	5.952	-12.5	4.678
-9	7.574	-9	8.420	-10	7.943	-10.5	7.754	-11	6.579	-12	5.086
-8.5	7.993	-8.5	8.709	-9.5	8.699	-10	7.982	-10.5	6.947	-11.5	5.643
-8	8.122	-8	8.898	-9	8.968	-9.5	8.520	-10	7.564	-11	6.101
-7.5	8.052	-7.5	9.227	-8.5	9.396	-9	8.789	-9.5	7.714	-10.5	6.410
-7	8.181	-7	9.316	-8	9.684	-8.5	9.197	-9	8.032	-10	6.579
-6.5	8.490	-6.5	9.625	-7.5	9.903	-8	9.117	-8.5	7.982	-9.5	6.679
-6	8.828	-6	9.754	-7	10.212	-7.5	9.794	-8	8.530	-9	7.007
-5.5	8.908	-5.5	9.884	-6.5	10.640	-7	10.122	-7.5	8.948	-8.5	7.117
-5	9.018	-5	10.222	-6	10.630	-6.5	10.252	-7	9.087	-8	7.296
-4.5	9.087	-4.5	10.262	-5.5	10.899	-6	10.292	-6.5	9.316	-7.5	7.744
-4	9.326	-4	10.361	-5	11.267	-5.5	10.640	-6	9.436	-7	7.863
-3.5	9.227	-3.5	10.700	-4.5	11.267	-5	10.869	-5.5	9.535	-6.5	7.943
-3	9.545	-3	10.789	-4	11.586	-4.5	11.167	-5	9.804	-6	8.062
-2.5	9.874	-2.5	11.277	-3.5	12.153	-4	11.367	-4.5	10.262	-5.5	8.391
-2	10.759	-2	12.561	-3	12.232	-3.5	11.854	-4	10.381	-5	8.331
-1.5	13.666	-1.5	13.268	-2.5	12.909	-3	12.481	-3.5	10.481	-4.5	8.699
-1	18.573	-1	19.737	-2	13.925	-2.5	12.660	-3	10.759	-4	9.077
-0.5	29.213	-0.5	29.332	-1.5	15.885	-2	13.497	-2.5	11.267	-3.5	9.147
0	64.059	0	38.435	-1	19.419	-1.5	15.368	-2	12.163	-3	9.356
0.5	94.356	0.5	81.905	-0.5	23.839	-1	18.145	-1.5	13.026	-2.5	9.893
1	96.715	1	84.224	0	43.605	-0.5	23.121	-1	15.238	-2	10.341
1.5	97.651	1.5	85.339	0.5	63.014	0	36.269	-0.5	18.553	-1.5	11.277
2	97.870	2	85.617	1	65.572	0.5	49.308	0	26.704	-1	13.198
2.5	98.497	2.5	86.045	1.5	66.268	1	51.229	0.5	37.912	-0.5	15.427
3	98.596	3	85.717	2	67.005	1.5	52.045	1	39.236	0	21.539
3.5	99.253	3.5	87.230	2.5	67.333	2	52.493	1.5	39.823	0.5	29.073
4	99.532	4	87.100	3	68.050	2.5	52.943	2	40.012	1	30.586
4.5	99.084	4.5	86.283	3.5	67.911	3	53.100	2.5	40.330	1.5	30.845
5	98.875	5	86.881	4	67.970	3.5	53.021	3	40.778	2	31.293
5.5	99.204	5.5	87.300	4.5	67.950	4	53.180	3.5	40.798	2.5	31.462
6	99.074	6	87.021	5	68.000	4.5	53.469	4	41.047	3	31.621
6.5	98.626	6.5	86.235	5.5	67.861	5	53.359	4.5	40.928	3.5	31.392
7	98.576	7	86.264	6	67.592	5.5	53.200	5	41.027	4	31.800
7.5	98.457	7.5	83.458	6.5	67.662	6	53.220	5.5	40.928	4.5	31.542
8	97.701	8	84.831	7	67.104	6.5	52.832	6	40.748	5	31.661
8.5	96.994	8.5	84.194	7.5	66.905	7	52.473	6.5	40.699	5.5	31.701
9	94.217	9	82.492	8	66.159	7.5	52.015	7	40.320	6	31.462
9.5	65.164	9.5	76.869	8.5	65.154	8	51.169	7.5	39.823	6.5	31.351
10	15.467	10	39.544	9	63.919	8.5	50.811	8	39.494	7	31.432
10.5	8.669	10.5	12.531	9.5	63.073	9	50.284	8.5	39.236	7.5	30.813
11	7.276	11	9.057	10	58.794	9.5	49.338	9	38.778	8	30.166
11.5	6.599	11.5	8.132	10.5	35.593	10	48.223	9.5	37.981	8.5	30.387
12	5.862	12	6.997	11	13.467	10.5	45.008	10	37.215	9	29.780
12.5	5.494	12.5	6.151	11.5	10.222	11	27.710	10.5	36.478	9.5	29.402
12.54	5.166	13	5.793	12	8.570	11.5	11.974	11	34.319	10	29.004
				12.5	7.992	12	9.356	11.5	23.480	10.5	28.496
				13	6.927	12.5	8.410	12	10.899	11	27.570
				13.5	6.340	13	7.734	12.5	8.440	11.5	25.888
				13.65	6.201	13.5	6.738	13	7.485	12	17.966
						14	6.181	13.5	6.818	12.5	15.777
						14.3	5.972	14	6.062	13	7.027
								14.5	5.793	13.5	6.480
								14.95	5.504	14	5.793
										14.5	5.544
										15	4.967
										15.5	4.897
										15.6	4.807

PLANO X = 1 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.549	-13	4.152	-13.65	4.419	-14.3	4.419	-14.95	4.191	-15.6	3.490
-12.5	3.588	-12.5	4.270	-13.5	4.448	-14	4.439	-14.5	4.093	-15.3	3.430
-12	3.766	-12	4.187	-13	4.356	-13.5	4.646	-14	4.379	-15	3.667
-11.5	4.112	-11.5	4.705	-12.5	4.824	-12.5	4.775	-13.5	4.537	-14.5	4.004
-11	4.251	-11	4.626	-12	5.140	-13	4.834	-13	4.616	-14	4.231
-10.5	4.597	-10.5	5.328	-11.5	5.116	-11.5	5.385	-12.5	4.933	-13.5	4.498
-10	4.676	-10	6.475	-11	5.961	-11.5	5.852	-12	5.348	-13	4.498
-9.5	6.386	-9.5	8.096	-10.5	6.989	-11	6.673	-11.5	6.030	-12.5	4.785
-9	7.632	-9	8.511	-10	7.987	-10.5	7.810	-11	6.683	-12	7.061
-8.5	8.096	-8.5	8.778	-9.5	8.650	-10	8.244	-10.5	7.058	-11.5	5.892
-8	8.007	-8	9.025	-9	9.144	-9.5	8.531	-10	7.602	-11	5.971
-7.5	8.274	-7.5	9.322	-8.5	9.500	-9	8.917	-9.5	7.632	-10.5	6.346
-7	8.373	-7	9.549	-8	9.974	-8.5	9.302	-9	8.215	-10	6.752
-6.5	8.709	-6.5	9.826	-7.5	10.044	-8	9.510	-8.5	8.185	-9.5	6.811
-6	8.857	-6	10.073	-7	10.370	-7.5	10.073	-8	8.610	-9	6.999
-5.5	9.015	-5.5	10.182	-6.5	10.587	-7	10.162	-7.5	8.739	-8.5	7.147
-5	9.075	-5	10.340	-6	10.736	-6.5	10.221	-7	9.025	-8	7.473
-4.5	9.312	-4.5	10.271	-5.5	11.131	-6	10.350	-6.5	9.312	-7.5	7.791
-4	9.243	-4	10.666	-5	11.477	-5.5	10.647	-6	9.342	-7	7.859
-3.5	9.727	-3.5	10.815	-4.5	11.566	-5	10.864	-5.5	9.688	-6.5	8.096
-3	9.688	-3	11.101	-4	11.991	-4.5	11.250	-5	10.053	-6	8.126
-2.5	10.034	-2.5	11.408	-3.5	12.218	-4	11.358	-4.5	10.073	-5.5	8.403
-2	10.765	-2	12.782	-3	12.374	-3.5	11.971	-4	10.419	-5	8.521
-1.5	13.494	-1.5	15.421	-2.5	13.148	-3	12.297	-3.5	10.538	-4.5	8.749
-1	18.525	-1	20.048	-2	14.008	-2.5	12.821	-3	10.904	-4	8.976
-0.5	29.033	-0.5	29.923	-1.5	15.995	-2	13.800	-2.5	11.240	-3.5	9.312
0	63.553	0	59.203	-1	19.214	-1.5	15.283	-2	12.070	-3	9.381
0.5	93.347	0.5	81.277	-0.5	25.712	-1	18.090	-1.5	13.474	-2.5	9.994
1	96.204	1	83.699	0	43.446	-0.5	23.053	-1	15.243	-2	10.399
1.5	96.382	1.5	84.144	0.5	62.535	0	36.091	-0.5	18.683	-1.5	11.348
2	97.173	2	85.271	1	65.194	0.5	49.239	0	26.522	-1	13.197
2.5	97.242	2.5	85.864	1.5	65.757	1	50.959	0.5	37.426	-0.5	15.362
3	98.587	3	85.518	2	66.281	1.5	51.681	1	39.126	0	21.609
3.5	97.806	3.5	86.052	2.5	66.736	2	52.086	1.5	39.492	0.5	29.014
4	98.537	4	86.428	3	67.092	2.5	52.244	2	40.204	1	30.259
4.5	98.508	4.5	85.963	3.5	67.408	3	52.738	2.5	39.937	1.5	30.694
5	98.854	5	86.309	4	67.566	3.5	52.738	3	40.550	2	30.783
5.5	98.162	5.5	85.973	4.5	67.626	4	52.827	3.5	40.481	2.5	31.139
6	98.527	6	86.100	5	67.319	4.5	52.719	4	40.658	3	31.169
6.5	98.527	6.5	85.212	5.5	67.754	5	53.065	4.5	40.738	3.5	31.267
7	98.191	7	85.172	6	67.102	5.5	52.649	5	40.658	4	31.386
7.5	97.104	7.5	84.905	6.5	66.736	6	52.560	5.5	40.392	4.5	31.426
8	96.718	8	84.421	7	66.459	6.5	52.580	6	40.401	5	31.297
8.5	96.086	8.5	83.294	7.5	66.212	7	52.323	6.5	39.996	5.5	31.258
9	93.387	9	81.455	8	65.659	7.5	51.384	7	39.957	6	31.584
9.5	64.423	9.5	75.781	8.5	64.874	8	51.058	7.5	39.512	6.5	31.089
10	15.312	10	38.929	9	63.474	8.5	50.366	8	39.156	7	31.099
10.5	8.387	10.5	12.545	9.5	62.317	9	49.723	8.5	38.523	7.5	30.753
11	7.256	11	9.085	10	58.502	9.5	48.824	9	38.059	8	30.338
11.5	6.514	11.5	7.720	10.5	35.133	10	47.236	9.5	37.574	8.5	30.131
12	5.783	12	6.949	11	13.622	10.5	44.573	10	36.971	9	29.577
12.5	5.467	12.5	6.010	11.5	10.044	11	27.185	10.5	36.082	9.5	29.112
12.54	5.131	13	5.803	12	8.889	11.5	12.040	11	33.966	10	28.638
				12.5	7.612	12	9.272	11.5	32.320	10.5	28.163
				13	7.078	12.5	8.333	12	10.686	11	27.531
				13.5	6.287	13	7.325	12.5	8.553	11.5	25.722
				13.65	6.040	13.5	6.831	13	7.424	12	17.774
						14	5.991	13.5	6.692	12.5	9.006
						14.3	5.951	14	6.119	13	7.009
								14.5	5.505	13.5	6.386
										14	5.882
										14.5	5.585
										15	4.953
										15.5	4.626
										15.6	4.636

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANO X = 1.2 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.512	-13	3.899	-13.65	4.494	-14.3	4.375	-14.95	3.879	-15.6	3.492
-12.5	3.701	-12.5	4.395	-13.5	4.574	-14	4.425	-14.5	4.296	-15.5	3.413
-12	3.710	-12	4.514	-13	4.683	-13.5	4.782	-14	4.494	-15	3.631
-11.5	4.038	-11.5	4.473	-12.5	4.683	-13	4.762	-13.5	4.633	-14.5	3.621
-11	4.335	-11	4.980	-12	5.199	-12.5	5.080	-13	4.792	-14	4.028
-10.5	4.554	-10.5	5.395	-11.5	5.714	-12	5.645	-12.5	4.901	-13.5	4.574
-9.5	4.677	-9.5	8.294	-10.5	7.004	-11	6.853	-11.5	5.922	-12.5	4.514
-9	7.828	-9	8.701	-10	8.363	-10.5	8.026	-11	6.796	-12	5.268
-8.5	8.036	-8.5	9.088	-9.5	9.097	-10	8.105	-10.5	7.143	-11.5	5.804
-8	8.472	-8	9.346	-9	9.355	-9.5	8.750	-10	7.639	-11	5.811
-7.5	8.631	-7.5	9.693	-8.5	9.703	-9	9.088	-9.5	7.986	-10.5	6.339
-7	8.929	-7	10.030	-8	10.020	-8.5	9.474	-9	8.205	-10	6.587
-6.5	9.137	-6.5	10.139	-7.5	10.486	-8	9.742	-8.5	8.423	-9.5	6.925
-6	9.326	-6	10.367	-7	10.655	-7.5	10.119	-8	8.701	-9	7.222
-5.5	9.187	-5.5	10.566	-6.5	10.863	-7	10.318	-7.5	9.058	-8.5	7.351
-5	9.474	-5	10.675	-6	11.260	-6.5	10.377	-7	9.326	-8	7.609
-4.5	9.752	-4.5	10.695	-5.5	11.310	-6	10.744	-6.5	9.474	-7.5	7.887
-4	9.732	-4	11.171	-5	11.578	-5.5	10.834	-6	9.931	-7	7.986
-3.5	10.020	-3.5	11.310	-4.5	11.905	-5	11.131	-5.5	9.951	-6.5	8.215
-3	10.189	-3	11.469	-4	12.342	-4.5	11.389	-5	9.881	-6	8.373
-2.5	10.546	-2.5	12.203	-3.5	12.520	-4	11.994	-4.5	10.159	-5.5	8.502
-2	11.429	-2	13.443	-3	13.145	-3.5	12.312	-4	10.526	-5	8.631
-1.5	14.038	-1.5	15.854	-2.5	13.621	-3	12.629	-3.5	10.774	-4.5	8.969
-1	18.830	-1	20.348	-2	14.448	-2.5	12.977	-3	11.032	-4	9.058
-0.5	29.445	-0.5	30.001	-1.5	16.439	-2	14.018	-2.5	11.459	-3.5	9.048
0	63.940	0	39.069	-1	19.951	-1.5	15.536	-2	12.352	-3	9.534
0.5	93.346	0.5	81.778	-0.5	26.241	-1	18.145	-1.5	13.740	-2.5	9.851
1	96.044	1	83.971	0	43.821	-0.5	23.175	-1	13.298	-2	10.396
1.5	97.076	1.5	85.231	0.5	62.978	0	36.182	-0.5	18.760	-1.5	11.320
2	97.612	2	85.459	1	65.428	0.5	49.763	0	26.558	-1	13.155
2.5	98.502	2.5	85.885	1.5	65.944	1	51.132	0.5	37.749	-0.5	15.477
3	97.850	3	86.014	2	66.926	1.5	51.966	1	39.575	0	21.618
3.5	99.209	3.5	86.490	2.5	66.817	2	52.946	1.5	39.872	0.5	29.376
4	98.882	4	86.481	3	67.591	2.5	52.521	2	40.150	1	30.457
4.5	99.001	4.5	86.520	3.5	67.571	3	52.720	2.5	40.438	1.5	31.092
5	98.832	5	85.935	4	67.859	3.5	53.375	3	40.309	2	31.370
5.5	98.961	5.5	86.431	4.5	67.700	4	53.057	3.5	40.825	2.5	31.112
6	98.584	6	86.054	5	67.819	4.5	53.097	4	40.537	3	31.251
6.5	98.118	6.5	85.816	5.5	67.611	5	52.978	4.5	41.102	3.5	31.598
7	98.316	7	85.161	6	67.462	5.5	52.829	5	40.854	4	31.449
7.5	98.038	7.5	85.111	6.5	67.105	6	52.700	5.5	40.676	4.5	31.945
8	97.126	8	84.457	7	67.254	6.5	52.710	6	40.448	5	31.628
8.5	96.054	8.5	83.365	7.5	66.500	7	52.253	6.5	40.408	5.5	31.568
9	93.822	9	82.383	8	65.637	7.5	51.599	7	40.071	6	31.231
9.5	64.992	9.5	76.093	8.5	65.061	8	51.113	7.5	39.525	6.5	31.621
10	15.209	10	39.138	9	63.782	8.5	50.676	8	39.336	7	30.943
10.5	8.542	10.5	12.530	9.5	62.541	9	49.991	8.5	38.781	7.5	30.804
11	7.252	11	9.157	10	58.722	9.5	49.009	9	38.354	8	30.527
11.5	6.409	11.5	7.887	10.5	55.537	10	47.688	9.5	37.789	8.5	30.298
12	5.913	12	7.143	11	13.413	10.5	44.545	10	37.045	9	29.753
12.5	5.457	12.5	6.131	11.5	10.090	11	27.719	10.5	36.112	9.5	29.406
12.54	5.119	13	5.794	12	8.711	11.5	12.153	11	34.217	10	28.820
				12.5	7.937	12	9.385	11.5	23.284	10.5	28.413
				13	6.882	12.5	8.125	12	10.764	11	27.699
				13.5	6.201	13	7.580	12.5	8.433	11.5	25.725
				13.65	6.161	13.5	6.826	13	7.411	12	17.808
						14	6.181	13.5	6.836	12.5	15.028
						14.3	5.744	14	6.151	13	7.123
								14.5	5.834	13.5	6.330
								14.95	5.407	14	5.923
										14.5	5.526
										15	5.010
										15.5	4.792
										15.6	4.683

PLANO X = 1.4 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	3.637	-13	3.992	-13.65	4.427	-14.3	4.447	-14.95	3.874	-15.6	3.460
-12.3	3.567	-12.5	4.427	-13.5	4.486	-14	4.398	-14.5	4.180	-15.3	3.508
-12	3.854	-12	4.457	-13	4.745	-13.5	4.704	-14	4.536	-15	3.597
-11.5	4.368	-11.5	4.704	-12.5	4.772	-13	4.882	-13.5	4.633	-14.5	3.773
-11	4.427	-11	4.832	-12	5.158	-12.5	5.119	-13	4.704	-14	4.190
-10.5	4.674	-10.5	5.692	-11.5	5.741	-12	5.613	-12.5	4.971	-13.5	4.457
-10	4.812	-10	6.967	-11	6.008	-11.5	5.801	-12	5.475	-13	4.496
-9.5	6.878	-9.5	8.528	-10.5	7.234	-11	6.809	-11.5	5.969	-12.5	4.822
-9	8.261	-9	9.151	-10	8.499	-10.5	8.113	-11	6.769	-12	5.267
-8.5	8.686	-8.5	9.526	-9.5	9.180	-10	8.480	-10.5	7.382	-11.5	5.919
-8	9.062	-8	9.971	-9	9.625	-9.5	8.945	-10	7.609	-11	6.087
-7.5	9.200	-7.5	10.455	-8.5	10.090	-9	9.299	-9.5	8.044	-10.5	6.423
-7	9.635	-7	10.455	-8	10.455	-8.5	9.645	-9	8.499	-10	6.811
-6.5	9.655	-6.5	10.702	-7.5	10.063	-8	10.109	-8.5	8.499	-9.5	6.947
-6	9.931	-6	10.890	-7	11.107	-7.5	10.690	-8	8.785	-9	7.194
-5.5	10.159	-5.5	11.246	-6.5	11.275	-7	10.564	-7.5	9.052	-8.5	7.411
-5	10.228	-5	11.345	-6	11.552	-6.5	10.653	-7	9.358	-8	7.738
-4.5	10.445	-4.5	11.493	-5.5	11.858	-6	10.999	-6.5	9.605	-7.5	7.925
-4	10.554	-4	11.700	-5	12.175	-5.5	11.137	-6	9.872	-7	8.103
-3.5	10.762	-3.5	12.115	-4.5	12.234	-5	11.552	-5.5	9.862	-6.5	8.192
-3	11.157	-3	12.451	-4	12.590	-4.5	11.908	-5	10.228	-6	8.360
-2.5	11.394	-2.5	13.005	-3.5	13.113	-4	12.194	-4.5	10.327	-5.5	8.479
-2	12.570	-2	13.884	-3	13.380	-3.5	12.340	-4	10.722	-5	8.676
-1.5	15.100	-1.5	16.325	-2.5	13.726	-3	12.679	-3.5	10.870	-4.5	9.042
-1	19.006	-1	21.009	-2	14.645	-2.5	13.311	-3	11.196	-4	9.180
-0.5	29.646	-0.5	30.091	-1.5	16.720	-2	14.161	-2.5	11.542	-3.5	9.289
0	64.243	0	38.749	0	19.982	-1.5	15.831	-2	12.402	-3	9.635
0.5	94.235	0.5	81.517	-0.5	26.415	-1	18.430	-1.5	13.795	-2.5	10.060
1	96.320	1	84.067	0	43.669	-0.5	23.450	-1	15.416	-2	10.633
1.5	97.200	1.5	84.739	0.5	63.136	0	35.971	-0.5	18.746	-1.5	11.582
2	97.565	2	84.798	1	64.876	0.5	49.539	0	26.899	-1	13.202
2.5	97.605	2.5	85.717	1.5	65.824	0.5	50.942	0.5	37.493	-0.5	15.535
3	97.931	3	85.233	2	66.556	1.5	51.940	1	39.321	0	21.553
3.5	98.366	3.5	86.359	2.5	67.050	2	52.405	1.5	39.884	0.5	29.739
4	98.623	4	86.428	3	66.783	2.5	52.303	2	40.003	1	30.654
4.5	98.633	4.5	86.260	3.5	67.326	3	52.306	2.5	40.497	1.5	30.812
5	98.811	5	86.557	4	67.020	3.5	52.602	3	40.625	2	31.059
5.5	98.524	5.5	86.369	4.5	67.653	4	52.770	3.5	40.665	2.5	31.435
6	98.821	6	86.122	5	67.277	4.5	52.948	4	40.556	3	31.247
6.5	98.139	6.5	85.776	5.5	67.247	5	52.938	4.5	40.892	3.5	31.494
7	98.149	7	85.233	6	67.218	5.5	52.671	5	40.704	4	31.287
7.5	97.654	7.5	85.243	6.5	66.872	6	52.592	5.5	40.763	4.5	31.573
8	97.160	8	84.215	7	66.595	6.5	52.316	6	40.418	5	31.287
8.5	96.301	8.5	83.642	7.5	66.091	7	52.029	6.5	40.279	5.5	31.445
9	93.556	9	82.011	8	65.488	7.5	51.377	7	39.627	6	31.138
9.5	64.559	9.5	76.191	8.5	64.322	8	50.675	7.5	39.765	6.5	31.119
10	15.347	10	38.757	9	63.749	8.5	50.319	8	39.064	7	30.901
10.5	8.548	10.5	12.372	9.5	62.445	9	49.815	8.5	38.866	7.5	30.664
11	7.342	11	9.091	10	58.848	9.5	48.669	9	38.461	8	30.427
11.5	6.552	11.5	7.965	10.5	55.131	10	47.849	9.5	37.828	8.5	30.081
12	5.900	12	6.888	11	13.627	10.5	44.341	10	37.077	9	29.785
12.5	5.297	12.5	6.196	11.5	10.020	11	27.512	10.5	36.524	9.5	29.360
12.54	4.813	13	5.613	12	8.518	11.5	12.076	11	34.182	10	28.925
				12.5	7.827	12	9.348	11.5	22.887	10.5	27.986
				13	6.829	12.5	8.153	12	10.732	11	27.383
				13.5	6.058	13	7.570	12.5	8.370	11.5	25.713
				13.65	6.018	13.5	6.710	13	7.352	12	17.778
						14	5.998	13.5	6.680	12.5	8.963
						14.3	6.028	14	6.038	13	6.987
								14.5	5.751	13.5	6.505
								14.95	5.317	14	6.068
										14.5	5.534
										15	4.981
										15.5	4.734
										15.6	4.724

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



PLANO X = 2 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
V (cm)	% Dosis	V (cm)	% Dosis	V (cm)	% Dosis	V (cm)	% Dosis	V (cm)	% Dosis	V (cm)	% Dosis
-12.54	4.377	-13	4.426	-13.65	4.624	-14.3	4.347	-14.95	4.051	-15.6	3.508
-12.3	4.387	-12.5	4.614	-13.3	4.664	-14	4.355	-14.5	4.387	-15.5	3.419
-12	4.338	-12	4.634	-13	4.634	-13.5	4.355	-14	4.397	-15	3.616
-11.5	4.206	-11.5	4.940	-12.5	4.940	-13	4.381	-13.5	4.664	-14.5	3.962
-11	4.446	-11	5.750	-12	5.691	-12.5	5.353	-13	4.624	-14	4.288
-10.5	5.069	-10.5	6.580	-11.5	5.978	-12	5.879	-12.5	5.049	-13.5	4.436
-10	6.798	-10	9.989	-11	6.837	-11.5	6.317	-12	5.583	-13	4.684
-9.5	13.260	-9.5	14.109	-10.5	8.468	-11	7.440	-11.5	6.086	-12.5	4.921
-9	18.356	-9	16.204	-10	11.205	-10.5	8.981	-11	7.588	-12	5.494
-8.5	21.579	-8.5	17.825	-9.5	12.489	-10	9.841	-10.5	8.102	-11.5	6.057
-8	24.158	-8	18.704	-9	13.240	-9.5	10.464	-10	8.369	-11	6.669
-7.5	25.887	-7.5	19.069	-8.5	13.744	-9	11.037	-9.5	8.764	-10.5	6.748
-7	25.936	-7	19.079	-8	14.396	-8.5	11.165	-9	8.972	-10	6.965
-6.5	25.193	-6.5	19.524	-7.5	14.712	-8	11.590	-8.5	9.475	-9.5	7.608
-6	25.363	-6	20.324	-7	15.048	-7.5	12.291	-8	9.772	-9	7.865
-5.5	26.766	-5.5	21.194	-6.5	15.542	-7	12.459	-7.5	9.940	-8.5	7.895
-5	29.177	-5	22.241	-6	16.046	-6.5	12.855	-7	10.078	-8	7.914
-4.5	30.936	-4.5	22.923	-5.5	16.649	-6	13.191	-6.5	10.384	-7.5	8.369
-4	31.638	-4	23.298	-5	17.024	-5.5	13.556	-6	10.720	-7	8.497
-3.5	32.141	-3.5	24.138	-4.5	17.647	-5	13.734	-5.5	11.017	-6.5	8.754
-3	33.159	-3	25.037	-4	17.923	-4.5	14.119	-5	11.185	-6	9.011
-2.5	34.572	-2.5	25.768	-3.5	18.536	-4	14.445	-4.5	11.501	-5.5	9.080
-2	35.847	-2	26.697	-3	18.783	-3.5	14.830	-4	11.916	-5	9.367
-1.5	36.696	-1.5	27.804	-2.5	19.356	-3	15.127	-3.5	12.143	-4.5	9.653
-1	39.384	-1	30.877	-2	19.969	-2.5	15.700	-3	12.499	-4	9.920
-0.5	45.836	-0.5	37.813	-1.5	21.678	-2	16.333	-2.5	13.023	-3.5	9.989
0	73.976	0	63.245	-1	24.158	-1.5	17.834	-2	13.675	-3	10.226
0.5	94.982	0.5	82.186	-0.5	29.592	-1	19.870	-1.5	14.374	-2.5	10.582
1	96.383	1	84.271	0	46.024	-0.5	24.227	-1	16.145	-2	11.203
1.5	97.165	1.5	84.824	0.5	63.779	0	36.746	-0.5	19.030	-1.5	11.955
2	97.323	2	85.427	1	66.239	0.5	40.669	0	27.270	-1	13.368
2.5	97.551	2.5	85.417	1.5	66.417	1	51.231	0.5	37.675	-0.5	15.332
3	97.748	3	85.872	2	66.990	1.5	51.922	1	39.137	0	21.866
3.5	98.400	3.5	86.198	2.5	67.277	2	52.011	1.5	39.680	0.5	29.069
4	98.803	4	85.852	3	67.336	2.5	52.288	2	39.987	1	30.195
4.5	98.786	4.5	86.237	3.5	67.464	3	52.555	2.5	40.431	1.5	30.669
5	98.746	5	85.961	4	67.385	3.5	52.446	3	40.214	2	30.926
5.5	97.985	5.5	85.753	4.5	67.731	4	52.782	3.5	40.490	2.5	31.213
6	98.361	6	85.346	5	67.454	4.5	52.604	4	40.431	3	31.163
6.5	97.630	6.5	85.101	5.5	67.445	5	52.644	4.5	40.164	3.5	31.153
7	97.649	7	85.022	6	67.030	5	52.594	5	40.352	4	31.499
7.5	96.839	7.5	84.083	6.5	67.109	6	52.090	5.5	40.421	4.5	31.341
8	96.849	8	83.659	7	66.190	6.5	52.110	6	40.332	5	31.331
8.5	95.772	8.5	82.977	7.5	65.765	7	51.606	6.5	40.066	5.5	31.104
9	93.144	9	81.228	8	65.113	7.5	51.102	7	39.354	6	31.143
9.5	64.105	9.5	76.031	8.5	64.441	8	50.608	7.5	39.315	6.5	30.877
10	15.038	10	38.485	9	63.680	8.5	50.213	8	39.087	7	30.808
10.5	8.478	10.5	12.420	9.5	62.139	9	49.264	8.5	38.593	7.5	30.630
11	7.094	11	9.060	10	58.196	9.5	48.533	9	37.662	8	30.185
11.5	6.333	11.5	7.934	10.5	34.967	10	37.644	9.5	37.358	8.5	29.612
12	5.810	12	6.857	11	13.358	10.5	44.206	10	36.598	9	29.563
12.5	5.128	12.5	6.175	11.5	9.890	11	27.112	10.5	35.847	9.5	29.187
12.54	4.921	13	5.750	12	8.576	11.5	11.837	11	33.732	10	28.624
				12.5	7.816	12	9.070	11.5	22.923	10.5	27.922
				13	6.956	12.5	8.260	12	10.552	11	27.369
				13.5	6.203	13	7.341	12.5	8.339	11.5	25.709
				13.65	5.938	13.5	6.867	13	7.531	12	17.686
						14	6.077	13.5	6.609	12.5	16.847
						14.3	5.790	14	5.978	13	6.847
								14.5	5.780	13.5	6.205
								14.95	5.217	14	5.909
										14.5	5.395
										15	4.703
										15.5	4.654
										15.6	4.703

PLANO X = 4 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	5.247	-13	5.237	-13.65	5.237	-14.3	4.634	-14.95	4.555	-15.6	3.627
-12.5	5.464	-12.5	5.741	-13.5	5.405	-14	4.783	-14.5	4.555	-15.5	3.715
-12	5.751	-12	6.235	-13	5.771	-13.5	5.356	-14	4.763	-15	3.923
-11.5	6.008	-11.5	7.006	-12.5	6.285	-13	5.889	-13.5	5.069	-14.5	4.516
-11	6.128	-11	8.192	-12	7.085	-12.5	6.502	-13	5.820	-14	4.466
-10.5	6.024	-10.5	12.342	-11.5	7.984	-12	7.540	-12.5	6.107	-13.5	4.743
-10	15.524	-10	41.858	-11	10.524	-11.5	9.316	-12	7.490	-13	5.257
-9.5	66.167	-9.5	75.564	-10.5	27.836	-11	22.421	-11.5	14.961	-12.5	6.201
-9	92.788	-9	79.695	-10	54.546	-10.5	44.900	-11	29.526	-12	12.036
-8.5	95.139	-8.5	81.246	-9.5	59.141	-10	44.900	-10.5	32.718	-11.5	22.115
-8	95.515	-8	81.552	-9	60.574	-9.5	45.364	-10	33.923	-11	24.477
-7.5	96.740	-7.5	82.817	-8.5	61.582	-9	45.920	-9.5	34.309	-10.5	25.118
-7	96.730	-7	82.867	-8	62.303	-8.5	46.671	-9	34.487	-10	25.791
-6.5	96.849	-6.5	83.469	-7.5	62.511	-8	47.145	-8.5	35.159	-9.5	26.275
-6	96.286	-6	83.390	-7	63.272	-7.5	47.599	-8	35.455	-9	26.532
-5.5	97.205	-5.5	83.786	-6.5	63.578	-7	47.659	-7.5	36.127	-8.5	26.789
-5	97.254	-5	84.052	-6	63.864	-6.5	48.173	-7	36.344	-8	27.253
-4.5	97.313	-4.5	84.299	-5.5	63.706	-6	48.528	-6.5	36.720	-7.5	27.681
-4	97.462	-4	84.359	-5	64.308	-5.5	48.716	-6	36.631	-7	27.708
-3.5	97.541	-3.5	84.151	-4.5	64.526	-5	49.082	-5.5	37.026	-6.5	27.787
-3	97.768	-3	84.902	-4	64.813	-4.5	49.319	-5	37.293	-6	27.866
-2.5	98.025	-2.5	85.060	-3.5	65.159	-4	49.823	-4.5	37.520	-5.5	28.350
-2	97.728	-2	84.971	-3	64.991	-3.5	49.931	-4	37.540	-5	28.538
-1.5	97.699	-1.5	85.179	-2.5	65.159	-3	50.416	-3.5	37.945	-4.5	28.824
-1	97.640	-1	85.139	-2	65.149	-2.5	50.238	-3	38.123	-4	28.834
-0.5	98.143	-0.5	85.179	-1.5	65.406	-2	50.305	-2.5	38.489	-3.5	29.062
0	98.084	0	85.456	-1	65.781	-1.5	50.623	-2	38.716	-3	29.081
0.5	97.985	0.5	85.643	-0.5	65.910	-1	51.009	-1.5	38.686	-2.5	29.259
1	97.975	1	86.216	0	66.364	0	50.989	-0.5	38.933	-2	29.625
1.5	98.361	1.5	85.456	0.5	66.641	0	51.611	0	39.259	-1.5	30.168
2	98.599	2	85.703	1	66.799	0.5	51.522	0	39.457	-1	30.070
2.5	98.798	2.5	85.396	1.5	66.859	1	52.194	0.5	39.566	-0.5	30.099
3	98.489	3	85.841	2	66.849	1.5	52.214	1	39.605	0	30.732
3.5	98.815	3.5	85.732	2.5	67.244	2	52.244	1.5	39.941	0.5	30.524
4	98.786	4	86.118	3	67.125	2.5	52.362	2	40.099	1	30.801
4.5	98.598	4.5	85.564	3.5	67.333	3	52.511	2.5	40.159	1.5	30.919
5	98.736	5	85.742	4	67.323	3.5	52.224	3	40.099	2	31.107
5.5	98.766	5.5	85.495	4.5	67.224	4	52.362	3.5	39.872	1.5	30.929
6	98.094	6	85.228	5	67.194	4.5	52.323	4	40.168	2	30.919
6.5	97.827	6.5	85.110	5.5	66.691	5	51.977	4.5	40.129	1.5	31.038
7	97.788	7	84.635	6	66.661	5.5	51.809	5	39.832	1	30.929
7.5	97.640	7.5	84.299	6.5	66.345	6	51.364	6	39.724	0.5	30.840
8	96.928	8	83.677	7	65.940	6.5	50.890	7	39.398	0	30.504
8.5	95.693	8.5	82.827	7.5	65.604	7	51.433	6.5	39.259	0.5	30.791
9	93.173	9	81.108	8	64.783	7.5	50.356	7.5	38.973	0.5	30.643
9.5	63.449	9.5	75.925	8.5	63.874	8	49.437	8	38.479	0	30.504
10	14.694	10	37.708	9	62.965	8.5	49.032	8.5	38.232	0.5	30.168
10.5	7.994	10.5	12.085	9.5	62.036	9	48.479	9	37.550	0	29.951
11	6.565	11	8.557	10	57.847	9.5	47.145	9.5	37.026	0.5	29.398
11.5	6.018	11.5	7.441	10.5	34.180	10	43.533	10	36.305	0	29.220
12	5.741	12	6.433	11	12.846	10.5	26.552	10.5	35.544	0.5	28.706
12.5	5.119	12.5	5.600	11.5	9.506	11	8.123	11	33.498	0	28.518
12.54	4.802	13	5.544	12	8.123	11.5	7.125	11.5	22.115	0.5	27.737
				12.5	7.253	12	6.265	12	10.316	0	27.135
				13	6.472	12.5	5.810	12.5	8.034	0.5	25.425
				13.5	5.761	13	5.781	13	7.274	0	17.194
				13.65	5.909	13.5	5.672	13.5	6.304	0.5	8.518
						14		14	5.771	0	6.710
						14		14.5	5.274	0	5.860
						14.5		14.5	4.970	0	5.791
						14.95		14.95		0	5.059
										0	4.872
										0	4.664
										0	4.605

PLANO X = 6 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	5.326	-13	5.176	-13.65	5.226	-14.3	4.678	-14.95	4.658	-15.6	3.620
-12.5	5.186	-12.5	5.795	-13.5	5.336	-14	4.947	-14.5	4.588	-15.5	3.800
-12	5.745	-12	6.413	-13	5.994	-13.5	5.565	-14	4.807	-15	4.308
-11.5	6.114	-11.5	7.191	-12.5	6.463	-13	5.884	-13.5	5.426	-14.5	4.348
-11	6.812	-11	8.537	-12	7.291	-12.5	6.682	-13	5.675	-14	4.747
-10.5	8.128	-10.5	12.377	-11.5	8.348	-12	7.650	-12.5	6.473	-13.5	5.047
-10	15.748	-10	43.643	-11	10.921	-11.5	9.784	-12	7.829	-13	5.495
-9.5	67.280	-9.5	76.725	-10.5	29.142	-11	23.238	-11.5	15.957	-12.5	6.562
-9	94.208	-9	81.353	-10	56.569	-10.5	43.038	-11	30.399	-12	12.626
-8.5	96.323	-8.5	82.201	-9.5	60.638	-10	45.239	-10.5	33.700	-11.5	22.979
-8	96.841	-8	83.178	-9	62.144	-9.5	46.296	-10	34.807	-11	25.472
-7.5	97.569	-7.5	83.627	-8.5	63.181	-9	47.174	-9.5	35.256	-10.5	26.270
-7	97.699	-7	84.095	-8	63.680	-8.5	47.802	-9	35.814	-10	26.479
-6.5	97.769	-6.5	84.405	-7.5	63.959	-8	48.082	-8.5	36.483	-9.5	27.577
-6	98.258	-6	84.395	-7	64.598	-7.5	48.800	-8	36.503	-9	27.397
-5.5	98.667	-5.5	85.183	-6.5	64.637	-7	49.248	-7.5	37.131	-8.5	27.846
-5	98.726	-5	85.432	-6	64.887	-6.5	49.438	-7	37.181	-8	28.035
-4.5	99.016	-4.5	85.232	-5.5	65.116	-6	49.687	-6.5	37.630	-7.5	28.294
-4	99.105	-4	85.801	-5	65.734	-5.5	50.475	-6	37.669	-7	28.474
-3.5	99.245	-3.5	86.429	-4.5	65.944	-5	50.405	-5.5	37.949	-6.5	28.624
-3	98.706	-3	86.060	-4	66.313	-4.5	50.475	-5	38.128	-6	28.874
-2.5	99.026	-2.5	86.509	-3.5	66.463	-4	51.034	-4.5	38.537	-5.5	29.521
-2	99.185	-2	86.310	-3	66.153	-3.5	51.074	-4	38.597	-5	29.521
-1.5	99.514	-1.5	86.849	-2.5	66.562	-3	51.373	-3.5	38.826	-4	29.761
-1	99.255	-1	86.669	-2	66.213	-2.5	51.522	-3	38.826	-4	29.761
0	99.175	-0.5	86.459	-1.5	67.171	-2	51.682	-2.5	39.118	-3	30.060
0	99.205	0	86.509	-1	67.191	-1.5	51.552	-2	39.126	-2.5	30.489
0.5	98.966	0.5	86.768	0	66.672	-1	52.031	-1.5	39.245	-2	30.369
1	98.906	1	86.230	0	67.001	-0.5	51.961	-1	39.445	-1.5	30.349
1.5	99.355	1.5	86.738	0.5	66.772	0	51.832	-0.5	39.485	-1	30.479
2	99.215	2	86.539	1	67.151	0.5	51.921	0	39.913	-0.5	30.409
2.5	99.155	2.5	86.429	1.5	67.181	1	52.221	0.5	39.874	0	30.638
3	99.065	3	86.050	2	66.881	1.5	51.832	1	40.043	0.5	30.698
3.5	99.734	3.5	86.200	2.5	67.181	2	52.101	2	39.943	1	30.917
4	99.464	4	86.728	3	66.971	3	52.260	2.5	40.233	1.5	30.927
4.5	99.594	4.5	86.010	3.5	67.011	3.5	51.802	3	40.033	2	31.276
5	98.686	5	85.980	4	66.961	4	51.692	3.5	39.754	2.5	30.678
5.5	99.335	5.5	85.701	4.5	66.393	4.5	51.842	4	39.939	3	30.808
6	98.826	6	86.020	5	66.423	5	51.582	4.5	40.073	3.5	30.798
6.5	98.816	6.5	85.202	5.5	66.532	5.5	51.672	5	39.734	4	30.897
7	98.138	7	84.544	6	65.914	6	51.343	5.5	39.456	4.5	30.499
7.5	98.038	7.5	84.355	6.5	65.964	6.5	50.904	6	39.354	5	30.688
8	97.490	8	84.155	7	65.585	7	50.375	6.5	39.145	5.5	30.568
8.5	96.632	8.5	83.128	7.5	64.787	7.5	50.336	7	38.956	6	30.598
9	93.859	9	81.762	8	64.189	8	49.737	7.5	38.348	6.5	30.489
9.5	63.261	9.5	75.828	8.5	64.301	8.5	49.408	8	38.198	7	29.600
10	13.943	10	37.231	9	61.815	9	48.610	8.5	37.590	7.5	30.090
10.5	7.909	10.5	11.360	10	58.175	9.5	47.832	9	37.290	8	29.201
11	6.513	11	8.08	10.5	33.660	10	46.356	9.5	36.732	8.5	29.211
11.5	5.655	11.5	7.041	11	12.397	10.5	43.554	10	36.094	9	28.723
12	5.336	12	6.183	11.5	9.036	11	25.771	10.5	35.206	9.5	28.663
12.5	4.727	12.5	5.445	12	7.729	11.5	10.911	11	33.201	10	28.165
12.54	4.648	13	5.027	12.5	6.872	12	8.368	11.5	22.171	10.5	27.536
				13	6.004	12.5	7.231	12	9.924	11	26.988
				13.5	5.795	13	6.702	12.5	7.470	11.5	25.233
				13.65	5.655	13.5	6.094	13	6.682	12	16.993
						14	5.645	13.5	5.964	12.5	8.398
						14.3	5.296	14	5.615	13	6.371
								14.5	4.957	13.5	5.874
								14.95	4.757	14	5.246
										14.5	4.947
										15	4.568
										15.5	4.658
										15.6	4.658

PLANO X-8 cm											
Z = -1.5 cm		Z = -5 cm		Z = -10 cm		Z = -15 cm		Z = -20 cm		Z = -25 cm	
Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis	Y (cm)	% Dosis
-12.54	4.454	-13	4.412	-13.65	4.513	-14.3	4.287	-14.95	3.978	-15.6	3.426
-12.5	4.479	-12.5	4.680	-13.5	4.580	-14	4.621	-14.5	4.195	-15.5	3.376
-12	4.697	-12	5.365	-13	5.273	-13.5	4.747	-14	4.496	-14.5	3.560
-11.5	5.231	-11.5	5.699	-12.5	5.691	-13	5.465	-13.5	4.638	-14	4.011
-11	5.566	-11	6.894	-12	6.301	-12.5	5.908	-13	5.190	-13.5	4.295
-10.5	6.535	-10.5	10.037	-11.5	7.120	-12	6.794	-12.5	5.374	-13	4.496
-10	12.811	-10	38.491	-11	9.435	-11.5	8.708	-12	6.853	-13	4.822
-9.5	57.010	-9.5	69.144	-10.5	26.382	-11	21.343	-11.5	14.333	-12.5	5.741
-9	79.114	-9	72.980	-10	31.127	-10.5	38.542	-11	27.770	-11.5	11.616
-8.5	80.994	-8.5	73.715	-9.5	35.581	-10	41.283	-10.5	30.920	-11	21.101
-8	80.894	-8	74.141	-9	36.367	-9.5	42.277	-10	31.722	-10.5	24.001
-7.5	81.437	-7.5	74.631	-8.5	37.453	-9	42.946	-9.5	32.540	-10	24.444
-7	81.638	-7	74.952	-8	37.771	-8.5	43.614	-9	32.851	-9.5	24.778
-6.5	81.721	-6.5	75.303	-7.5	38.071	-8	43.915	-8.5	33.034	-9	25.187
-6	81.454	-6	75.713	-7	38.163	-7.5	44.174	-8	33.360	-8.5	25.522
-5.5	81.922	-5.5	75.896	-6.5	38.481	-7	44.792	-7.5	33.711	-8	25.772
-5	81.796	-5	76.247	-6	38.623	-6.5	44.960	-7	33.995	-8	25.839
-4.5	82.314	-4.5	75.821	-5.5	38.974	-6	45.219	-6.5	34.422	-7.5	26.090
-4	82.206	-4	76.540	-5	39.083	-5.5	45.319	-6	34.689	-6.5	26.499
-3.5	82.373	-3.5	76.548	-4.5	39.709	-5	45.795	-5.5	34.689	-6	26.499
-3	82.231	-3	76.782	-4	39.300	-4.5	46.004	-5	34.689	-6	26.499
-2.5	82.615	-2.5	76.506	-3.5	39.408	-4	46.071	-4.5	35.115	-5.5	26.717
-2	82.507	-2	76.832	-3	39.567	-3.5	46.355	-4	35.249	-5	27.043
-1.5	82.490	-1.5	76.713	-2.5	39.948	-3	46.305	-3.5	35.374	-4.5	27.369
-1	82.398	-1	76.373	-2	39.893	-2.5	46.430	-3	35.588	-4	27.335
-0.5	83.067	-0.5	76.172	-1.5	40.219	-2	46.698	-2.5	35.583	-3.5	27.427
0	83.000	0	76.481	-1	40.269	-1.5	46.531	-2	35.684	-3	27.527
0.5	83.016	0.5	76.415	-0.5	40.052	-1	46.731	-1.5	35.792	-2.5	27.544
1	82.924	1	76.456	0	40.336	-0.5	46.831	-1	35.801	-2	27.552
1.5	83.568	1.5	76.465	0.5	40.060	0	46.898	-0.5	35.775	-1.5	27.703
2	82.791	2	76.572	1	40.303	0.5	46.798	0	35.968	-1	27.979
2.5	83.351	2.5	76.373	1.5	39.977	1	47.024	0.5	36.110	0	27.770
3	82.550	3	76.398	2	39.952	1.5	46.714	1	36.110	0	27.770
3.5	83.058	3.5	76.247	2.5	40.136	2	47.160	1.5	36.051	0.5	27.953
4	83.142	4	76.481	3	40.102	2.5	46.489	2	36.093	1	27.907
4.5	82.924	4.5	76.506	3.5	39.955	3	46.915	2.5	36.068	1.5	28.045
5	83.192	5	76.231	4	40.495	3.5	46.656	3	35.901	2	27.912
5.5	82.482	5.5	76.064	4.5	39.734	4	46.756	3.5	35.901	2.5	27.907
6	82.749	6	75.671	5	39.826	4.5	46.297	4	36.035	3	27.828
6.5	82.336	6.5	75.228	5.5	39.609	5	46.639	4.5	35.934	3.5	27.979
7	82.741	7	74.860	6	39.693	5.5	46.355	5	35.792	4	27.795
7.5	81.796	7.5	75.077	6.5	39.191	6	46.230	5.5	35.816	4.5	27.928
8	82.406	8	74.710	7	39.074	6.5	45.795	6	35.341	5	27.953
8.5	81.554	8.5	74.300	7.5	38.389	7	45.453	6.5	35.475	5.5	27.577
9	79.849	9	72.871	8	38.381	7.5	45.519	7	35.174	6	27.327
9.5	53.450	9.5	68.172	8.5	37.612	8	44.918	7.5	34.940	6.5	27.285
10	10.713	10	32.717	9	36.718	8.5	44.533	8	34.489	7	27.084
10.5	6.025	10.5	9.192	9.5	35.640	9	43.982	8.5	34.179	7.5	26.825
11	5.382	11	6.535	10	32.481	9.5	43.355	9	33.845	8	26.608
11.5	4.747	11.5	5.624	10.5	30.235	10	42.436	9.5	33.369	8.5	26.341
12	4.513	12	5.275	11	10.179	10.5	39.620	10	32.767	9	26.040
12.5	4.330	12.5	4.613	11.5	7.287	11	23.207	10.5	32.023	9.5	25.823
12.54	4.133	13	4.434	12	6.435	11.5	9.231	11	30.143	10	25.363
				12.5	5.582	12	7.061	11.5	19.705	10.5	24.937
				13	5.323	12.5	6.201	12	8.591	11	24.494
				13.5	4.780	13	5.638	12.5	6.510	11.5	22.739
				13.65	4.538	13.5	5.148	13	5.917	12	15.243
						14	4.663	13.5	5.323	12.5	7.446
						14.3	4.529	14	4.697	13	6.990
								14.5	4.496	13.5	4.872
								14.95	4.329	14	4.504
										14.5	4.604
										15	4.103
										15.5	4.061
										15.6	3.861

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## APÉNDICE 4

### ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRES EN LAS MEDIDAS DE DOSIS

La incertidumbre asociada a los valores reportados de dosis obtenidos en las medidas para la fuente sola y la fuente dentro del colpostato corresponden a la incertidumbre debida solamente a la repetición de medidas (incertidumbre estadística). En este apéndice se muestra la incertidumbre debida al propio experimento y a los instrumentos de medición utilizados (incertidumbre sistemática). La siguiente tabla muestra las fuentes de error y su respectiva contribución a la incertidumbre sistemática total (no incluida en los valores del apéndice 2).

Componente de incertidumbre	Incertidumbre sistemática
Calibración de los DTL	$\pm 2\%$
Posición de los DTL en las placas	$\pm 1\%$ (para los DTL más cercanos a la fuente) y menor para el resto
Posición de la fuente en el maniquí	$\pm 5\%$ para los DTL más cercanos a la fuente y menor para el resto
Calibración de la fuente	$\pm 5\%$ en la determinación de la actividad de la fuente
Incertidumbre sistemática total	$\pm 7\%$

En el caso de la incertidumbre debida a la posición tanto de la fuente como de los DTL, ésta puede tomar un valor máximo de 5% y 1%, respectivamente, y es menor conforme aumenta la distancia del detector a la fuente. Esto es debido a que la incertidumbre en la dosis debida a la incertidumbre en la posición y en la distancia a la fuente se calcula aplicando simplemente el factor  $1/r^2$ .

El valor de incertidumbre total corresponde a la suma en cuadratura de las incertidumbres sistemáticas (posición de la fuente, del DTL, etc.).

## REFERENCIAS

AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 55, *Radiochromic film dosimetry*, Med. Phys. **25** (1998), 2093-2115.

Alva H., Mercado-Uribe H, Rodríguez-Villafuerte M. and Brandan M. E., *The use of a reflective scanner to study radiochromic film response*, Phys. Med. Biol: **47** (2002) 2925-2933.

Attix F. H., *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*, John Willey & Sons, U.S.A. ,1986.

Ávila Rodríguez M. A., *Dosimetría en tratamientos de Radiocirugía Estereotáctica*, tesis de Maestría en Ciencias (Física Médica), UNAM, 2001.

Buenfil Burgos A. E., *Manual de procedimientos de Trabajo del Laboratorio de Dosimetría de la Radiación*, Departamento de Física Experimental, Instituto de Física, UNAM, 1996.

Clifton L. and Spiro I. J., *Measurement of dose distribution around Fletcher-Suit-Delclos colpostat using a Therados radiation field analyzer (RFA-3)*, Med. Phys. **11** (1984) 326-330.

Creasman W. T., *New gynecologic cancer staging*, Gynecologic Oncology **58** (1995), 157-158.

Gamboa de Buen I., *Medida de la Respuesta Termoluminiscente (Eficiencia y Supralinealidad) de LiF:Mg, Ti Expuesto a Radiación Altamente Ionizante*, Tesis Doctoral en Ciencias (Física), UNAM (1996).

Haas J. S., Dean R. D. and Mansfeld C. M., *Fletcher-Suit-Delclos Gynecologic applicator: evaluation of a new instrument*, J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. **9** (1983) 763-768.

ICRU Report 38, *Dose and Volume Specification for Reporting Intracavitary Therapy in Gynecology*, Bethesda, MD, U.S.A., 1985.

Johns H. E. and Cunningham J. R., *The Physics of Radiology* (4<sup>th</sup> Edition), Charles Thomas Publisher, U.S.A. (1983).

Khan F. M., *The Physics of Radiation Therapy*, 2<sup>nd</sup> Ed., Williams & Wilkins, U.S.A., 1994.

Nelson W. R., Rogers D. W. O. and Hirayama H., *The EGS4 Code system*, Stanford Linear Accelerator Center Report SLAC-265 (1985).

Niroomend-Rad A., Blackwell C. R., Coursey B. M. et al, *Radiochromic Film Dosimetry: Recommendations of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 55*, Med. Phys. **25** (1998) 2063-2115.

Perez C. A., Grigsby P. W., Nene S. M., et al., *Effect of tumor size on the prognosis of carcinoma of the uterine cervix treated with irradiation alone*, Cancer **69** (1992) 2796-2806.

Rodríguez-Villafuerte M, Arzamendi S. and Díaz-Perches R., *Dosimetric Characterisation of a Brachytherapy Source for Gynaecological Applications*, AIP Conference Proceedings 593 (2001) 43-48.

Saylor W. L. and Dillard M., *Dosimetry of <sup>137</sup>Cs sources with the Fletcher- Suit gynecological applicator*, Med. Phys. **3** (1976) 117-119.

Shepherd J. H., *Revised FIGO staging for gynaecological cancer*. British Journal of Obstetrics and Gynaecology **96** (1989) 889-892.

Todd M. C., Meredith W. J., *A dosage system for use in the treatment of cancer of the uterine cervix*. Br. J. Radiol. **11** (1938) 809.

Williams J. R. and Thwaites D. I., *Radiotherapy Physics in Practice*, Oxford University Press, Hong Kong, 1993.

Williamson, J. F., *Principles and Practice of Radiation Oncology*, 3<sup>rd</sup> Edition, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, 1997.

Williamson, J. F. *Dose calculations about shielded Gynecological colpostats*, Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. **19** (1990) 167-178.

Yorke, E. D et al. *Using measured dose distribution data of the Fletcher-Suit-Delclos colpostat in brachytherapy treatment planning*. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. **13** (1987) 1413-1419.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN