

**ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

“ Cáncer al Cuello Uterino tratado con radiación ionizante  
(Cobaltoterapia) ”

**Previa a la obtención del título de :**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Realizada por:**

**Javier Chao T.**

**Eli Lopez R.**

**Luis Chandy C.**

**Guayaquil- Ecuador  
1995**

## AGRADECIMIENTO

Al Doctor Manuel Contrera Jefe del departamento de Radioterapia del hospital de SOLCA por habernos dado las facilidades para realizar nuestro trabajo en dicho departamento.

Al grupo de Tecnólogos Médicos , Físicos Médicos y Doctores , por su desinteresada colaboración

en nuestro seguimiento del Cáncer de Cervice y por habernos dado de su tiempo en las charlas sobre funcionamiento de los equipos en dicha área.

A nuestro compañero del Tópico RAFAEL ESTRADA PICO por su colaboración en la edición de nuestro trabajo.

## DEDICATORIA

- A nuestro profesor
- A nuestros padres
- A nuestros abuelos
- A nuestros hermanos

## INDICE GENERAL

	PAGS.
RESUMEN.....	2
INTRODUCCION.....	3
CAPITULO I	
FUNDAMENTOS GENERALES	
1.1 OBJETIVOS .....	6
1.2 JUSTIFICACION.....	6
CAPITULO II	
CARCINOMA AL CUELLO UTERINO	
2.1 GENERALIDADES.....	9
2.2 PROCESOS DE DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO.....	9
2.2.1 DIAGNOSTICO .....	10
2.2.2 SIMULACION.....	11

PAGS.

2.2.3 PLANEACION.....	18
2.2.4 TRATAMIENTO.....	25
CONCLUSIONES.....	31
NOMENCLATURA.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	34

APENDICES

## RESUMEN

En este informe se tratara de dar una breve explicación de uno de los tantos usos que se le puede dar a la radiación ionizante ya aplicado a un caso determinado como es el Cáncer al Cuello Uterino.

En la primera parte se dará una explicación de los que es la radiación y cuales son sus aplicaciones para fines médicos .

En la segunda parte ya se explicara todo lo referente al cáncer al Cervix el mismo que ira desde un seguimiento de un caso de cáncer en particular. El cual se lo llevara desde las causas que lo pueden producir , síntomas mas comunes , diagnostico , simulación , planeación y posterior tratamiento en cobaltoterapia.

Se explicará el uso de los equipos utilizados para su detección , planeación y tratamiento. Asi como se justificara los valores obtenidos para ciertos cálculos .

Y además se mencionará métodos alternativos para su tratamiento.

## INTRODUCCIÓN

¿Son los cánceres unas enfermedades tan misteriosa , frecuentes y graves como creemos? Lo cierto es que en esta pregunta se encierran muchas respuestas, pero no es menos que también existen muchas ideas falsas acerca de ellas. Es necesario , pues, aclarar algunos extremos.

En primer lugar los cánceres , en numeros absolutos son mas frecuentes que en tiempos pasados. Esto se debe al aumento de la población sobre todo la de edad avanzada que esta mas expuesta a la enfermedad , además es un error pensar que el cáncer es una enfermedad moderna. Siempre ha habido canceres , como lo demuestra el hecho de haberse descubierto esqueletos de la epoca prehistorica con huellas de procesos cancerosos. Ya en el siglo V , Hipócrates hablaba de “carcinoma” para referirse a la enfermedad.

Otro error sobre el cáncer es creer que este es mortal. Se cura en un 30% de los casos, y en otras variedades llega al 80 y 100 %.

Resulta también decir que el cáncer es una fatalidad inevitable, pues si bien en algunos casos parece existir una predisposición hereditaria en su aparición, también lo es en el medio ambiente el que influye en varios procesos cancerosos, por lo que observando unas simples normas de higiene de vida, pueden evitarse muchos canceres.

El cáncer, ante todo se caracteriza por una multiplicación desenfrenada y anárquica de ciertas células, la cual es causada por un fallo en nuestro sistema de defensa. Así el cáncer se desarrollaria a partir de la falta de un sistema de defensa que se conoce con el nombre de *homeostasis*. Estas células a diferencia de las sanas son “inmortales” es decir siguen reproduciéndose indefinidamente. El cáncer invade todas las partes de los órganos en que ha aparecido y ,después

, los órganos vecinos. Al pasar estas células cancerosas a la circulación de la linfa o de la sangre puede colonizar otras zonas lo que se conoce como *metástasis*.

### **MÉTODOS DE DIAGNOSTICO**

Además de los signos que presenta el paciente , un análisis de sangre es suficiente a veces para determinar la enfermedad. Aunque los médicos recurren a otros métodos de diagnóstico que varía según el tipo de cáncer:

**La endoscopia.-** Exploración interna del paciente por medio de un instrumento óptico.

**La radiografía.-** Se utiliza para detección de cánceres en hueso, aparato genitourinario, mama,etc.

**La ecografía.-** Se basa en ultrasonido que permite definir el mapa del relieve de los órganos.

**La tomografía.-** Se basa en obtención de radiografías selectivas de diferentes planos del cuerpo.

**La biopsia.-** Consiste en la extracción de fragmentos del tejido sospechoso para un análisis microscópico.

### **MÉTODOS DE TRATAMIENTO**

- La cirugía tiene como finalidad la suspensión total del tumor y una curación radical , este método es eficaz solamente para cánceres en una etapa inicial y cánceres no demasiados extendidos.

- La teleterapia que consiste en un tratamiento a distancia , en el cual se emplea rayos X de alta energía ( bombas de cobalto ,betatron ,aceleradores lineales ,etc.). Se trata de rayos muy penetrantes que permiten tratar lesiones



cancerosas de órganos profundos con un máximo de precisión. La teleterapia es muy utilizada para tratar cánceres de cuello uterino, de laringe y de próstata. La radioterapia además puede prevenir la metástasis asociada a la quimioterapia.

- La braquiterapia que consiste en la inserción de fuentes radioactivas directamente a los tejidos malignos, estas fuentes son de radium o de cesio, la braquiterapia es más efectiva que la teleterapia ya que con esta se ataca directamente al tumor y no se afectan zonas sanas obteniéndose la máxima dosis en el tumor.

- La quimioterapia se combate al cáncer por medio de medicamentos, los cuales tienen un efecto comparable al de los antibióticos en las infecciones.

En este trabajo nos centraremos en un método de tratamiento para un **Cáncer al Cuello Uterino**, tratamiento a base de radioterapia con el empleo de rayos X de alta energía con el empleo de una unidad de cobalto terapia.

El cáncer de cuello uterino es uno de los más frecuentes en nuestro medio. Existen diversos factores que inciden para que esto ocurra. Los oncólogos de Solca consideran las siguientes razones como posibles causas:

- La higiene
- Los multipartos
- Falta del papanicolao
- Multirelaciones
- Sexo precoz

Es importante resaltar que tanto el hombre como la mujer deben llevar una correcta higiene. Las mujeres deben realizar los papanicolaos con la frecuencia que recomiende el médico. Las mujeres que han tenido múltiples partos tienen pertenecen al grupo de alto riesgo. Por último, los médicos consideran como sexo precoz si la mujer es menor a los 20 años.

## CAPITULO I

### FUNDAMENTOS GENERALES

#### 1.1 OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo se muestran a continuación:

- Realizar una evaluación del uso de radiación ionizante para el tratamiento de un carcinoma de cuello uterino.

- Conocimientos básicos de los equipos y metodos utilizados para el tratamiento , su funcionamiento y medidas de seguridad .

- Determinar la efectividad del tratamiento.

#### 1.2 JUSTIFICACIÓN

Las radiaciones ionizantes producen efectos biológicos porque son capaces de ionizar ( o arrancar electrones de ) los átomos que comparten la materia orgánica Como radiaciones ionizante encontramos radiaciones alfa, beta, neutrones ( partículas sin carga) , rayos gamma y rayos X.

Las unidades para cuantificar la radiación ionizante son:

**Dosis absorbida** - La cual se define como la energía depositada por

radiación ionizante por unidad de masa de material irradiado y se expresa en J/Kg , su unidad es el Gy. Pero esta unidad no es muy utilizada sino que se usa el rad. Donde  $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$ .

**Exposición.-** Esta representa la carga liberada de radiación ionizante por unidad de masa de aire. Sus unidades son C/Kg . Por años la exposición fue expresada en Roentgen. donde  $1 \text{ Roentgen} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/Kg}$ .

**Actividad.-** Esta describe el numero de desintegraciones de material radioactivo por segundo. Su unidad es el becquerel (Bq) , esta también por años se utilizo al currie ( Ci ) . Donde  $1 \text{ Ci} = 3.70 \times 10^{10} \text{ Bq}$

Los rayos X son utilizados para diagnosticar , los cuales tienen la capacidad de : (1) atravesar la materia orgánica , (2) producir efectos fotográficos sobre películas sensibles y (3) producir fosforescencia en ciertas sustancias cristalinas.

Los tejidos y otras sustancias se pueden clasificar de acuerdo a cinco categorías de radioopacidad y radiotransparencia.

- 1.- Muy radiotransparente : Ej gas
- 2.- Moderadamente radiotransparente: Ej tejido graso
- 3.- Intermedio: Ej sangre, cartilago, tejido muscular, etc.
- 4.- Moderadamente Radioopacos: Ej hueso
- 5.- Muy radioopacos: Ej metales pesados.

Los rayos X dan lugar a efectos fosforescentes al incidir sobre sustancias cristalinas . Dichas sustancias que se emplean son : Sulfato de bario, sustancias y aceites yodada las cuales son llevadas al organismo por medio de un catéter.

Para el tratamiento de un carcinoma al cuello uterino es necesario disponer de un equipo cuyo rendimiento no sea inferior a 200 kilovoltios . El foco o fuente a 75 cm de distancia de la piel (SSD) , todas estas características no las da la bomba de cobalto ( Theratron 780 ) el cual tiene como elemento radioactivo al  $^{60}\text{Co}$ , este elemento radioactivo de 5 años aproximadamente, motivo por el cual cada 5 años se reemplaza la fuente radioactiva.

La dosis que se aplica por lo general para un carcinoma del cuello uterino es de 6500 cGy en total ; se aplican cuatro campos sobre pelvis : uno anterior , otro posterior y uno lateral izquierdo y otro lateral derecho, con dosis diaria de 200 cGy durante varias sesiones que dura aproximadamente un mes.

Esta posología esta supeditada a la tolerancia de cada enferma. Es frecuente constatar durante el curso de este tratamiento , que dura alrededor de treinta días , fiebre, vómitos , cólicos intestinales y diarreas . En su primera fase lo que se persigue es atacar a la mayor cantidad de ganglios alrededor del tumor , para evitar así que las células cancerosas se proliferen hacia órganos sanos.

También puede emplearse la braquiterapia ( tratamiento a corta distancia ) por medio Radium intracavitario en dosis suficiente por lo general de 6 a 10 mlgrs filtrado por 1 1/2 mm de platino. Esta aplicación se dejara un determinado numero de horas de acuerdo a la dosis milicuries que se quiera administrar.

## CAPITULO II

### CARCINOMA AL CUELLO UTERINO

#### 2.1 GENERALIDADES

El cáncer al cuello uterino es uno de los canceres mas frecuentes que se presentan entre las mujeres , existiendo un promedio al año de 200 casos tratados ( ver apendice III , tabla 2.1 ), entre las mujeres de 40-60 años según datos estadísticos obtenidos en el hospital oncologico de SOLCA (ver apendice III , tabla 2.2) . En el transcurso de nuestra practica en el hospital se realizo un seguimiento de un caso en particular el cual se lo llevo desde la simulación hasta el tratamiento siempre asesorado por el Médico oncologo los tecnólogos médicos y el Fisico encargado del departamento de radioterapia .

#### 2.2 PROCESO DE DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO

El proceso que se sigue en SOLCA desde la detección del carcinoma , tratamiento y valoración de la paciente sigue unos pasos determinados:

- Diagnostico del médico oncologo
- Simulación
- Planeación
- Tratamiento en Cobalto terapia
- Reducción
- Tratamiento final en Cobalto terapia.

### 2.2.1 DIAGNOSTICO

El médico oncologo es el encargado de determinar si existe presencia del carcinoma del cuello uterino, el cual realiza una inspección manual de las zonas afectadas. El tumor del útero se revela clinicamente por tres síntomas siguiente:

1.- Hemorragias uterinas , al margen de las manifestaciones menstruales que pueden ser de distinto alcance y frecuencia y que pueden presentarse en cualquier momento.

2.- Secreciones leucorreicas, al principio son blanquecinas pero mas tarde aparecen mezcladas con sangre hemorrágica con secciones de la superficie cancerosa ulcerada.

3.-Dolores locales, que se presentan en un período mas bien tardío , son dolores que no son intensos ni irradiados, mientras que otras veces son intensos con irradiación hacia la ingle.

La terapia por radiaciones es el tratamiento de elección para el cáncer de cuello uterino.

El Comité de la Liga de las Naciones(CLN) para el estudio del cáncer, adoptó la siguiente clasificación según su extensión o invasión de las regiones vecinas del cáncer de cervix:

**ESTADO I.** El cáncer esta limitado al cervix.

**ESTADO II.** El cáncer invade uno o más fondos de saco con o sin infiltración de los parametrios.

**ESTADO III.** a) infiltración de los parametrios y nódulos ganglionares en uno o dos lados extendiéndose a las paredes pelvianas.

b) infiltración superficial de una parte de la vagina.

c) se consta metástasis aislada, ganglios linfáticos en pelvis con un tumor de cervix relativamente pequeño.

d) metástasis aislada en la parte inferior de la vagina.

**ESTADO IV.** a) infiltración masiva de ambos parametrios .

b) el cáncer invade vejiga y recto.

c) toda la vagina está infiltrada.

### 2.2.2 SIMULACIÓN

Antes de describir los pasos que se realiza en el simulador se realizara una descripción del equipo de simulación empleado.

## SIMULADOR DE TERAPIA

### Descripción

El simulador tiene tanto capacidades para radiografía como fluroscopias. Por medio del simulador se facilitan la planeación e implementación de la terapia de tratamiento. Este equipo de simulación provee de diagnósticos de rayos x de alta calidad para localizar zonas tumorales con movimientos mecánicos y compulsionales de la verdadera unidad terapéutica.

En este tipo de maquina el movimiento mecánico y mecanismos de verificación tienen que ser muy precisos para que así el tratamiento sea lo mas eficaz ya que si la localización inicial del tumor no es precisa o si el tiempo de tratamiento no el adecuado .

## **Simulador Kermath modelo TSL-XY**

Consta de un brazo en forma de C , en el cual en uno de sus extremos sostiene el tubo de montaje de los rayos X para diagnosticar y en el otro el tubo de imagen/casetera. El brazo rota alrededor de la superficie de la mesa de posición libre-voladiza. El tubo de rayos x puede adaptarse a cualquier distancia de la fuente al eje entre 80 y 130 cm para adaptarse a la mayoría de la unidades de terapia, por lo tanto el simulador puede ser fijado para duplicar la terapia SAD no solo aproximarse. Debido a que la casetera es una parte integral del brazo C el cassette puede siempre alinearse con la línea recta de diagnóstico de rayos x. . La casetera/tubo de imagen se acciona a motor hacia adentro y fuera a lo largo del rayo central con el fin de obtener la mejor posición por la radiografía del paciente. ( ver apéndice II fig. 2.1)

Los indicadores sonoros y visuales advierten a operador cuando no existe la suficiente distancia entre la casetera y la mesa para continuar el movimiento . Todos los movimientos del brazo C incluyendo la rotación axial y el de la casetera se controlan por interruptores montados en un péndulo superior.

Se puede seleccionar la velocidad rotacional del brazo c en el péndulo de mano y también todos los controles de la mesa .( ver apéndice II fig. 2.2 y fig. 2.3 ).

Existen sensores de colisión montados en la casetera y fuente bloqueadora los cuales pararan todo movimiento si se detecta una colisión. Los sensores están hechos de goma para evitar problemas debido al descenso de movimiento luego de apagarse el equipo.

El simulador tiene movimientos motorizados X , Y y Z de la



casetera/tubo de imagen y movimientos motorizados a control remoto X,Y y Z de la superficie de la mesa. El diseño de la superficie móvil junto con los indicadores de posición X y Y facilitan la colocación y recolocación de los pacientes bajo simulación. Se puede operar el freno electromecánico de la superficie móvil desde cualquier borde de la mesa. Este diseño maximiza el acceso al paciente y minimiza tanto las obstrucciones físicas como radiográficas

La superficie de la mesa es de fibra de carbón y sostiene pacientes de hasta 300 libras con una desviación mínima en la posición del eje central. La equivalencia de aluminio de radiografía es de aproximadamente 1 mm en 100Kvp.

Se coloca una fuente de montaje debajo del colimador de diagnóstico para facilitar la definición del campo de la terapia. La fuente está diseñada para sostener bloqueadores de campo de hasta 40 libras así como también proyectar una matriz de puntos a intervalos de dos centímetros en el eje de rotación y extendiéndose sobre los campos definidos radiográficamente y ópticamente. Tanto los puntos matriciales y líneas de campo son proyectados ópticamente y registrados radiográficamente. Se utiliza una escala óptica para visualizar la distancia de la fuente a la piel y puede también ser útil para definir el contorno del paciente.

En conclusión el simulador tiene los siguientes movimientos motorizados:

- Rotación articulada del brazo en forma de C
- Movimiento SAD de adentro hacia afuera
- Rotación del colimador/fuente
- Movimiento de los alambres delineadores de campo X y Y
- Movimiento X, Y, y Z de la casetera/tubo
- Movimiento X, Y, y Z de la mesa

- Movimiento X y Y del obturador del colimador.

Adicionalmente el TSL-XY es un sistema basado en un microprocesador con una pantalla para montarse en la pared y una consola de operadores a control remoto.

## **CARACTERÍSTICAS**

La distancia variable de la fuente al eje adaptable entre 80 y 130 cm permite la simulación verdadera de la geometría de terapia, existe detenciones de movimiento a 80 y 100 cm.

Cuando el tubo de rayos x esta en la elevación mas alta se encuentra disponible una distancia de la fuente a la mesa en exceso de 175,5 cm con la fuente en posición vertical y la mesa en la posición mas baja para simular distancias de largo de tratamiento ( técnica de Mantle ) utilizando un tubo de imagen de 9 pulgadas.

La longitud de la fuente del simulador de sombras ( distancia del origen -bandeja) estandarizado para duplicar la longitud de la bandeja bloqueadora de la unidad de tratamiento ( distancia del origen a la bandeja ) para proveer una duplicación del factor de amplificación.

El sistema unido de alineación del colimador incluye una matriz de marcas proyectadas opticamente y registradas radiograficamente a incrementos de dos centímetros a través de todo el campo de rayos x a fin de optimizar la velocidad y conveniencia del procedimiento.

Control independiente de alambres de alineación de campos X y Y para facilitar

la elección de campos simétricos irregulares.

El diseño del brazo C con la casetera integral proveen flexibilidad de posiciones y facilidad de operación. Las proyecciones de radiografía deseadas se obtienen rápidamente.

Todos los movimientos del brazo C incluyendo su rotación, adaptación de la altura del tubo y posición del tubo de imagen/casetera son completamente motorizados y se operan desde un control suspendido en el cielo raso. El péndulo también opera todos los otros movimientos de acuerdo con el indicador óptico de distancia de la piel y de la luz del colimador y luces de la habitación.

La altura mas baja e la mesa es de 80,8 cm sobre el nivel del suelo lo que permite un fácil acceso a la camilla del simulador.

La mesa voladiza de posiciones libre maximizar el acceso al paciente y minimiza las obstrucciones.

La mesa de fibra de carbón provee la firmeza y rigidez con extremadamente alta radioluminiscencia.

Superficie móvil de la mesa con un movimiento longitudinal de 94 cm  $\pm$  20 cm de movimiento transversal permite una colocación del paciente rápida y precisa.

Los alambres cruzados diagonalmente que definen el centro del campo son removibles de manera que no oscurezcan los injertos de semilla.

La pantalla de pared y la consola de operadores a control remoto.( ver apendice II , fig 2.4)

## PASOS A SEGUIR EN SIMULACIÓN

Como ya lo mencionamos una vez diagnosticado el cáncer al cuello uterino por todos los exámenes realizados y revisiones realizadas por el médico , la paciente pasa al simulador . Los pasos que se realizan en el simulador son los siguientes:

Primero: Se ubica a la paciente sobre la mesa de cubito dorsal.

Segundo: Se introduce por vía vaginal un catéter con un medio de contraste para ubicar la vejiga , en igual forma por vía anal se introduce otro catéter par ubicar recto.

Tercero: Una vez realizado lo anterior se procede a determinar el tamaño del campo a irradiar por medio de fluroscopia , la cual es una radiografía solo que se aprecia el interior del paciente por medio del monitor de la sala de mando, teniendo como referencia la vejiga la cual se la observa como un punto blanco (debido al medio de contraste) se procede a determinar el campo ideal para irradiar de tal forma que abarque solo al tumor y no otros órganos sanos , además para irradiar los ganglios alrededor del tumor los cuales son los encargados de diseminar las células cancerosas. El tamaño del campo se lo controla por medio del panel de control por medio de las botoneras X y Y . Ya localizada la zona donde se va ha irradiar se marca el isocentro en la paciente por medio de un marcador. Se marca tanto en la ingle como en los laterales de la ingle.

Cuarto: Localizado los puntos de irradiación se realizan las pertinentes tomas radiograficas y se marcan las protecciones que el médico determina. Es de

mencionar que el médico tratante es el que determina el tamaño del campo y zonas donde se debe proteger de la radiación. ( ver apendice I , fig 1.4)

Quinto: Con la paciente marcada se determina el contorno de la misma. Los pasos que se realizan para ello son :

- Con el punto marcado a nivel de ingle se ubica los 80 cm lo cual equivale a la distancia fuente piel ( SSD) y lo que la mesa se desplaza en forma vertical equivaldrá al “espesor “ de la paciente en el punto mas alto. ( ver apendice I , fig 1.5)

- Con los puntos marcado en los laterales se ubica también los 80 cm y lo que la mesa se desplaza en forma horizontal equivale al “ ancho” de la paciente desde el punto superior ( punto a nivel de ingle).

Es de mencionar que todos estos valores se lo aprecia tanto en el panel digital frontal como en el panel de control principal.

Sexto: Una vez obtenido estas medidas se toma el contorno de la paciente con un cable de plomo de forma que se amolde a la paciente y se marca los puntos de la piel al cable. Y este contorno fisico se lo lleva a una hoja y se lo hace coincidir con las medidas tomadas en el punto quinto y se dibuja el contorno de la paciente.

Séptimo: Como paso final lo que se hace es tatuar a la paciente. Este tatuaje consiste en marcar los puntos isocentricos por medio de una aguja con tinta china , para su posterior paso a la sala de cobalto terapia y no repetir el mismo procedimiento. Además se tatúa a la paciente para no irradiar de nuevo en esa zona ya que los órganos irradiados en esa area tienen un limite de dosis absorbida determinada.

### **2.2.3 PLANEACIÓN**

El equipo de planeación consiste en un computador el cual esta provisto de módulos de hardware y software los que en forma colectiva forman la producción de dosis para varios tipos de planes de tratamiento de radiación.

El equipo que se utilizó para la planeación fue el THERAPLAN TP-11 , el cual lo describiremos a continuación.

### **THERAPLAN**

#### **DESCRIPCION GENERAL**

El sistema Therplan consta de módulos de hardware y software de computador, los que es forma colectiva obtienen la distribución de dosis para varios tipos de tratamiento.

El sistema ofrece opciones de selección de menú y secuencia de preguntas de fácil manejo, no es necesario aprenderse ningún comando en especial, ya que el sistema es completamente amigable y versátil.

El sistema ofrece dos grandes senderos: la planificación del paciente y las funciones de utilidad. Cada una conduce por una serie de preguntas y respuestas a una conclusión finales cuyo momento al usuario se le solicite nuevamente que escoja entre la planificación del paciente y las funciones de utilidad. En muchos casos se puede hacer una simulación para proveer un determinado régimen de tratamiento .

Las funciones de utilidad se pueden dividir en tres grupos:

- Los que crean y/o editan la unidad de tratamiento y los archivos de datos de origen usados para la planificación.
- Los que permiten la verificación de archivos de datos creados por el primer juego.
- Los que realizan funciones basadas en computadoras tales como respaldo de disco.

El Theraplan mantiene una lista de pacientes activos, dichos pacientes están activos desde el momento en que son primeramente registrados con el sistema, hasta que son retirados por el usuario. Cada paciente puede tener hasta 99 diferentes perfiles de contornos, 256 planes individuales de rayo y 32 planes diferentes.

Los pasos rutinarios que se lleva a cabo en el Theraplan son:

- Ingreso del nombre del paciente
- Selección del tipo de paciente : con contorno , sin contorno o tomografía digital.
- Selección del lugar donde se almacenara los datos del paciente
- Selección de subcontornos.
- Selección de la orientación del paciente.
- Ingreso del contorno
- Selección del tipo de planeación.
- Ingreso de datos de planeación.
- Normalización y selección de isodosicas.
- Impresión de datos obtenidos.

El equipo completo se lo puede apreciar en el apéndice I, fig. 1.7 y fig 1.9.

## PASOS A SEGUIR EN PLANEACIÓN

Una vez obtenida las tomas radiográficas tanto posterior como laterales y el contorno de la paciente se realizan los siguientes pasos:

Primero: Se ingresan datos de la paciente en el computador para llevar un registro de la misma para posteriores tratamientos.

Segundo: Se ingresa el contorno de la paciente al computador, para realizar esto se utiliza un digitalizador ( scanner ) ver apendice II , fig 2.5 .

Tercero: Se dibuja en forma aproximada los huesos que se encuentran dentro de ese contorno, pero solo los que se encuentran alrededor del isocentro, para nuestro caso solo se gráfico un corte transversal del hueso Ilión.

Un punto a recalcar es que la separación de este corte transversal del isocentro se lo saco con una determinada escala tomada de la placa radiografica, procesos que lo explicaremos mas adelante.

Cuarto: Con los contornos, las protecciones y el numeros de campos a aplicar la maquina se encarga de obtener la distribución de dosis total. Esta técnica se llama técnica de cajón por que se obtiene como resultado una distribución de dosis que tiene la forma de un cajón.

Quinto: Una vez obtenida la distribución de dosis, se escoge la curva isodosica mas óptima para lograr nuestro objetivo que es atacar tumor y ganglios alrededor del mismo. Luego se imprime esta curvas isodosicas para tener una referencia de que curva se escogió.

Sexto: Se procede a ingresar parámetros a la maquina para que calcule el tiempo de irradiación de cada campo. Estos valores también se imprimen.



Como paso final se llena la cartilla de la paciente para que luego pase a tratamiento en cobalto terapia.

### **JUSTIFICACION DE VALORES OBTENIDOS EN PLANEACION**

Para obtener el factor de escala de la toma radiografica para realizar el grafico del corte transversal del hueso iliaco se emplea la siguiente formula:

$$F.E. = \frac{(SSD + E.P/2)}{DFP}$$

donde : F.E = Factor de escala  
SSD = Distancia fuente piel  
E.P. = Espesor del paciente  
D.F.P. = Distancia fuente pelicula.

Para nuestro caso los datos de placa fueron :

SSD = 80 cm.  
E.P = 21.6 cm  
DFP = 113 cm

Con los cuales se obtuvo el siguiente factor de escala:

$$F.E. = (80 + 21.6/2)$$

113

$$F.E. = 0.803$$

Luego se toma la placa radiografica y se mide la distancia desde el punto central de aplicacion del rayo hasta el primer borde del hueso iliaco y este valor se lo multiplica por el factor de escala.( ver apendice I, fig 1.8) Con esta medida se procede a graficar el corte transversal de los huesos ya mencionados dentro del contorno.

Para nuestro caso los valores obtenidos fueron 7 y 8 cm respectivamente en placa radiografica.

Por lo tanto el valor real fue :

$$\begin{aligned} \text{Corte 1} &= 7 \times 0.803 \\ &= 5.62 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Corte 2} &= 8 \times 0.803 \\ &= 6.425 \text{ cm} \end{aligned}$$

Se justificara los valores obtenidos solo para el campo anterior para los restantes tres campos se realizara el mismo procedimiento :

Lo primero que se realiza es obtener la distribucion de dosis de los cuatro campos , si se lo realiza en forma manual es muy tedioso y largo, pero en el Theraplan se lo obtiene en cuestion de segundos. Por cada campo obtenemos una normalización al 100%,para despues sumar las cuatro curvas y obtener una distribucion total dando como es lógico una curva superior al 100%,siendo de

171.8% en nuestro caso objeto de análisis.

Los valores que son prescritos por el medico son : *Target Absorbed Dose* ( T.A.D. ) , *Numero de fracciones* ( F . ) y el *Numero de campos*. Con estos datos podemos obtener la *Target Dose / Fraccion* . ( T.A.D. / F. ).

$$T.A.D. / F. = \frac{T.A.D.}{F.}$$

$$T.A.D. / F. = \frac{4860 \text{ cGy}}{27}$$

$$T.A.D. / F. = 180 \text{ cGy.}$$

Como son 27 *fracciones* y cada dia se aplicara dos campos tendremos 14 *fracciones para una campo* y 13 *fracciones para el otro campo*.

Luego se tiene que hallar la T.A.D. / F. al 100 % , ya que el valor que la maquina calculo esta al 171.8%. Lo que se realiza es una simple regla de tres .

$$\text{Dose.} = \frac{100\% \times T.A.D. / F.}{\text{Normalization}}$$

$$\text{Dose.} = \frac{100\% \times 180 \text{ cGy}}{171.8\%}$$

$$\text{Dose.} = 104.77 \text{ cGy.}$$

Como para el campo anterior se aplicaran 14 fracciones de las 27 prescritas. Tendremos :

$$\text{Dose / Fract} = \frac{\text{Dose}}{\# \text{ Fract.}}$$

$$\text{Dose / Fract} = \frac{104.77 \text{ cGy}}{14/27}$$

$$\text{Dose / Fract} = 202.1 \text{ cGy}$$

A continuación se procede a realizar el cálculo de un campo cuadrado equivalente a partir del campo rectangular prescrito por el médico. Para el cálculo de la dosis normalizada es necesario un factor que se obtiene de la relación del TAR sobre el TPR. Existen tablas de TPR sólo para campos cuadrados razón por la cual calculamos el cuadrado equivalente.

$$\text{Equivalent Square} = \frac{4 \times \text{Area}}{\text{Superficie}}$$

$$\text{Equivalent Square} = \frac{4 \times (13 \times 16)}{13+16}$$

$$\text{Equivalent Square} = 14.3$$

Con el valor del cuadrado equivalente obtenemos la exposición relativa la cual tiene como base un campo de 10x10, con lo cual se obtiene un valor de 1.027.

Para el cálculo del tiempo hay una serie de factores que hay que considerar entre ellos tenemos:

- Dosis de salida de la máquina calculado a 80.5, este valor día a día va disminuyendo, esto simula el "desgaste" de la pastilla de cobalto, por este motivo el ingreso de la fecha en el computador es muy importante.

- Factor de bandeja es donde van colocadas las protecciones.

- TAR/TPR.
- Factor de cuña.
- Factor cuadrado equivalente
- Otros factores

Al producto de todos estos valores incluyendo la curva isodosica escogida ( 86% ) lo llamaremos Dosis Normalizada ( D.N.)

$$D.N. = 91.26 \text{ cGy / min.} \times 1.027 \times 1 \times 0.949 \times 1.047 \times 0.86$$

$$D.N. = 80.087 \text{ cGy /min}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Dose / Fract}}{D.N.}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{202.1 \text{ cGy}}{80.087 \text{ cGy/min.}}$$

$$\text{Tiempo} = 2.52 \text{ min.}$$

Todos estos valores pueden ser observados en la hoja de planeacion en el apendice III .

## 2.2.4 TRATAMIENTO

Con la hoja de planeacion tanto de las curvas isodosicas y del tiempo que se obtuvo en el Theraplan , ( estas hojas las puede ver en el apendice ) la paciente pasa ya a ser tratada. Se comienza primero a ubicar los puntos de marcas en la piel de ella para ubicar el campo de radiacion . Se procede a aplicar dos campos por dia durante un mes, en el tratamiento tambien se lleva un control de cuanta radiacion va recibiendo el paciente dia a dia. Posterior a esto se somete a la paciente a una reduccion en la cual se sigue los mismos pasos anteriormente mencionados , la unica diferencia es que ya no se aplicaran cuatro campos sino solo dos campos por lo general uno anterior y otro posterior. Luego de esto se somete a la paciente a una valoracion final. Estos ultimos pasos no alcanzamos a seguir ya que en si el tratamiento antes de la reduccion dura un mes y nuestra estadia en SOLCA fue de un mes apenas.

La maquina que se utiliza en dicha area es el Theratron 780-C . El funcionamiento de la misma la describiremos a continuacion:

## **THERATRON 780-C**

### **DESCRIPCIÓN GENERAL**

El Theratron 780-C esta compuesto de una unidad de teleterapia de cobalto-60.

Esta consiste de una fuente radioactiva de  $^{60}\text{Co}$ , un gantry rotativo y un cabezal con juego de piezas móviles, colimador ajustable , control de mando manual y con panel de control.

Durante el tratamiento del paciente todos los sistemas móviles son accionados desde un panel de control que se encuentra fuera de la sala de tratamiento , en este panel de control se encuentran también los mecanismos de

alarma y sistemas de bloqueo de la maquina. Un interruptor suministra la energia al equipo.

El THERATRON puede operar en los siguientes modos de tratamiento:

- Terapia fija
- Terapia rotacional
- Terapia por saltos
- Terapia en arco

- Terapia fija: El gantry permanece fijo, es decir se irradia en zonas determinadas.

- Terapia rotacional: El gantry rota 360 grados y en todo ese trayecto se irradia.

- Terapia por salto : Se hace rotar el gantry determinados grados y se irradia en ciertos intervalos .

-Terapia arco : Es similar al anterior solo que en todo el trayecto se irradia.

### **Características Principales.**

La cabeza del theratron 780 consiste de un molde de acero cubierto con plomo y una capa de uranio. Esto proporciona una capacidad de 175 Rmm el cual es equivalente a una unidad de salida de 200 Rmm.

Este escudo protector se encuentra acorde las normas de la ICRP 15 el cual establece que el campo no debe exceder los 2mR/hr a un metro . La transmisión a través de la cabeza con la fuente en posición ON no excede el

0.1% del campo primario.

Dicha cabeza puede girar  $\pm 180^\circ$  del isocentro, posee dos velocidades de movimiento una lenta y otra rápida.

Entre otras de las características que se pueden mencionar es que tiene un enclavamiento de la cabeza en la posición de cero grados cuando esta se encuentra con  $1^\circ$  desplazado de  $0^\circ$ .

El mecanismo de salida de la fuente radioactiva es por medios neumáticos los cuales mueven la fuente de su posición de almacenamiento hasta la posición de exposición.

Los colimadores son de tungsteno los cuales tienen cuatro niveles de movimiento con lo cual se obtiene los campos rectangulares.

La distancia básica de la fuente al diafragma es de 45 cm con el cual se obtiene un tamaño de campo mínimo de 5 y un campo máximo de 35. Pero esta distancia puede incrementarse con un trimmer a 55 cm obteniéndose un tamaño de campo mínimo de 4.5 y un campo máximo de 34.

El movimiento del gantry es de  $360^\circ$  el cual es indicado por una escala en el propio gantry y en forma digital en la consola de control.

Con respecto a la camilla donde va el paciente este posee los siguientes movimientos: vertical de 77 hasta 116 cm, movimiento isocéntrico rotacional de  $\pm 110^\circ$  de la posición central, lateral y longitudinal.

La consola de control posee una serie de botoneras, indicadores y pulsadores, esta consola se la puede ver en el apéndice II fig. 2.8, al final del trabajo, se describirá brevemente cada uno de ellos.

La consola está dividida en cuatro secciones:

- La primera sección es la que está conformada por ocho leds, los



cuales indican si existe alguna anomalía en la maquina , para que el tratamiento se pueda realizar todos estos leds tienen que estar apagados . Entre las señales de alerta que nos indican estos leds están:

- Puerta de la sala de tratamiento abierta
- Seguro de la cabeza activo.
- Fuente con alguna avería.
- Falta de presión para sacar la fuente.
- Cuña incorrecta.
- Tratamiento incorrecto.
- Ángulo de tratamiento incorrecto.
- Problemas con el escudo del cabezal .

- La segunda sección es la parte para seleccionar la cuña, en esta sección se digita la referencia de la cuña utilizada y se presiona el botón de confirmación para asegurarse que es la cuña correcta.

- La tercera sección es la parte de encendido general del tablero de control el cual se lo realiza por medio de un swich con su respectiva llave , en esta sección tenemos indicadores de salida de la fuente , estos indicadores tiene una simbología similar a la de los semáforos, el verde indica que la fuente esta en estado "off" , la roja indica que la fuente esta en " transición " es decir que la fuente esta saliendo y el amarillo indica que la fuente esta en estado " on " .

- La cuarta parte ya es para manipular al gantry e indicar el tipo de movimientos de este.

Entre las botoneras que tenemos son:

**CCW** = Para hacer girar al gantry en contra de las manecillas del reloj.

**CW** = Para hacer girar al gantry a favor de las manecillas del reloj.

**SETUP** = Al presionar este botón damos la orden para que gire el gantry.

Para seleccionar el tipo de tratamiento tenemos cuatro botoneras:

**ARC** = Tratamiento en arco.

**SKIP** = Tratamiento en salto.

**ROT** = Tratamiento con gantry en rotación.

**FIX** = Tratamiento con técnica de gantry fijo

Para seleccionar el tiempo de tratamiento tenemos un control digital y otro mecánico en caso que exista una falla de energía. El reloj digital tiene una diferencia de 0.02 seg , este tiempo mayor al digitado es para asegurar que la fuente radioactiva ya ha ingresado a su compartimiento. En este tablero se encuentra la botonera para iniciar la irradiación y además la botonera para resetear el tiempo digitado.

Tenemos también un control de velocidad de giro del gantry con nueve niveles de velocidad que va desde una velocidad lenta hasta una alta , se la selecciona con una perilla.

Tenemos también un indicador digital de la posición del gantry , para seleccionar el ángulo de rotación del gantry para tratamiento ya sea en arco o en skin tenemos doce juegos de perillas.

## CONCLUSIONES

- El uso de la braquiterapia permitiría una mayor posibilidad de vida para un número mayor de pacientes. Con la combinación de la radioterapia y la braquiterapia se afectarían en menor grado órganos y huesos que no se desea involucrar en el tratamiento, lo cual no es posible con el uso de radioterapia.
- Es muy importante que el volumen tumoral reciba la mayor dosis de radiación posible con la finalidad de garantizar su destrucción. Este criterio debe conjugarse con la radiosensibilidad de los tejidos adyacentes. Por lo tanto la cantidad de dosis que reciba un paciente dependerá del órgano involucrado así como de los órganos circundantes.
- Es necesario irradiar los ganglios para evitar la formación de metástasis, por tal razón, en la etapa inicial del tratamiento el campo de irradiación abarca el volumen tumoral y los ganglios adyacentes.
- Las radiaciones ionizantes pueden usarse para tratar lesiones benignas con bajas dosis de radiación como en ciertas inflamaciones comunes en los deportistas.
- Es imprescindible que las dosis terapéuticas sean observadas para evitar complicaciones derivadas de una sobredosis. Por este motivo en la cartilla de control el tecnólogo debe llevar un control riguroso de la dosis que se le administra a la paciente.
- Deben realizarse estudios con la finalidad de encontrar soluciones para que las recidivas sean reducidas y más vidas humanas sean salvadas.
- Extensión del tumor, hemorragias, durante el tratamiento, desnutrición e

infecciones asociadas así como edad precoz son factores significativos para empeorar las complicaciones.

- La respuesta individual al tratamiento se presentó como el hecho más relevante en la ocurrencia de complicaciones y recidivas, que la conducta terapéutica adoptada durante el tratamiento.

- Las complicaciones fueron más graves en pacientes con estado clínico precario.

## NOMEMCLATURA

Bq :	Becquerel
C:	Coulomb
cGy:	Centi gray
Ci:	Curie
Co:	Cobalto
cm :	Centimetro
Gy:	Gray
ICPR:	Comision Internacional de Proteccion Radiologica.
J:	Joule
Kg:	Kilogramo
mm:	Milimetro
SSD:	Distancia fuente piel.
SID :	Distancia fuente pelicula.
rad:	Roentgen absorved dose
Rmm:	Roentgens por minuto
TAR:	Relacion tejido aire
TPR:	Relacion tejido phantom.

## BIBLIOGRAFIA

- ONCOLOGIA , AUTOR DR. JUAN TANGA MARENGO , AÑO 1 VOLUMEN 2 , JUNIO 1994.
- RADIOLOGIA GENRAL COMPENDIO ANALITICO SEMIOLOGICO, AUTOR ISADORE MECHAN, EDITORIAL AC PRIMERA EDICION SEMTIEMBRE 1978.
- ENCICLOPEDIA SALVAT MEDICINA , EDICIONES PAMPLONA AÑO 1974 , TOMO X.
- ENCICLOPEDIA SALVAT DE LA SALUD, EDICIONES PAMPLOPNA AÑO1983, TOMO X.
- TRATADO SOBRE EL CANCER , AUTOR JACINTO MORENO, BUENOS AIRES AÑO 1954.
- TREATMENT PLANNING AND DOSE CALCULATION IN RADIATION ONCOLOGY, AUTOR GUNILLA C. RENTEL & CHARLESE NELSON , SEGUNDA EDICION AÑO 1982.
- THE PHYSICS OF RADIOLOGY , AUTOR JOHNSON HE & CUNNINGHAM, ILLINOIS ,AÑO 1969.