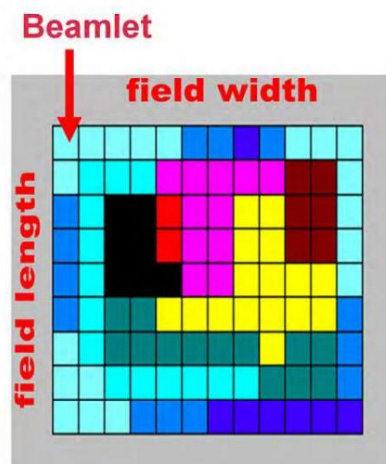


## Objectives

- After completing this lesson the student will have performed these tasks:
  - Identify basic Eclipse Inverse Planning and IMRT definitions
  - Identify definition of basic MLC parameters

## IMRT

- IMRT – Intensity modulated radiation therapy – form of conformal radiation therapy where intensity of radiation beam is varied in complex way across treatment field
- Beamlet
  - Smallest element to be modified



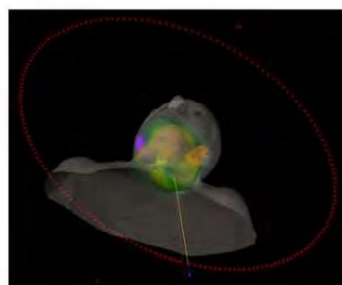
VARIAN Medical Systems

Slide 3

- IMRT (Radioterapia de Intensidad Modulada) es el método de administración utilizado para crear una distribución de dosis altamente conformada.
- El sistema de planificación de tratamiento crea una fluencia no uniforme para muchos campos para crear una distribución de dosis uniforme dentro del objetivo y proteger las estructuras críticas al mismo tiempo.
- El campo se divide en haces de elementos pequeños.
  - Un Beamlet es el elemento más pequeño a modificar.
  - El tamaño del haz en la dirección X es de 0,25 cm (en el plano del isocentro)
  - El tamaño del haz en la dirección Y depende del modelo MLC que representa el ancho de la hoja en el nivel de isocentro.
- Los modelos MLC están disponibles con diferentes configuraciones de hojas. El ancho de la hoja determina la altura o el ancho de la fila de haces.
  - Millennium MLC tiene 52, 80 y 120 hojas. Para los modelos MLC de 52 y 80 hojas: todas las hojas = 1 cm de ancho en el isocentro. Para la hoja 120: 1er y último 10 pares, las hojas tienen 1 cm de ancho en el isocentro. Los 40 pares centrales tienen un ancho de 0,5 cm en el isocentro.
  - El modelo Mark MLC tiene 52, 80 hojas, todas las hojas miden 1 cm de ancho en el isocentro.
  - HDMLC tiene hojas de 2,5 y 5 mm. Los 7 cm de arriba y de abajo son hojas de 0,5 cm, los 8 cm del centro son Hojas de 0,25 cm. La longitud máxima es de 22 cm (Y).
- Los valores de Beamlet pueden variar de 0 a 1:
  - Intensidad 0, no se administrará ninguna dosis a través de este haz.
  - Se administrará 1 dosis de intensidad a través de este haz.
  - Un patrón de fluencia o mapa de intensidad, describe el patrón de cambios en los niveles de intensidad para un campo particular.

## VMAT

- Volumetric Modulated Arc Therapy : an irradiation technique which delivers radiation by rotating the gantry of a linac through one or more arcs with the radiation continuously on.
- During irradiation, a number of parameters can be varied including:
  - MLC aperture shape
  - Dose rate
  - Gantry rotation speed.
- VVMAT – Varian Volumetric Modulated Arc Therapy
  - 3<sup>rd</sup> party treatment planning with Varian delivery or Eclipse TPS with 3<sup>rd</sup> Party delivery platform
- RapidArc
  - Eclipse TPS with Varian delivery platform



VARIAN Medical Systems

Slide 4

- VMAT puede administrar distribuciones de dosis altamente conformadas similares a las creadas por otras formas de radioterapia de intensidad modulada.
- Referencia: S. Webb y D. McQuaid, Algunas consideraciones sobre la terapia de arco de volumen modulado: un trampolín hacia una teoría general; física Medicina. Biol. 54, 4345-4360
- IMRT se caracteriza por posiciones de pórtico estáticas y múltiples campos desde diferentes direcciones.
- VMAT es un tratamiento de tipo IMRT pero se entrega con un arco (o numerosos arcos) de campos.
- Los arcos se representan como un conjunto de puntos de control. Cada punto de control conoce su ubicación, apertura de MLC, energía, tasa de dosis y dosis. Cada punto de control conoce su ubicación, apertura de MLC y dosis. La optimización VMAT optimiza estos parámetros directamente.
  - A medida que el pórtico se mueve continuamente de un punto de control a otro, el MLC apertura, posición del pórtico y cambio de dosis. La dosis se modifica cambiando la tasa de dosis o la velocidad del pórtico.

## Inverse Treatment Planning

- Treatment planning process in which
  - Clinical objectives specified mathematically
  - Planning system optimizes beam parameters to minimize cost function calculated from clinical objectives

VARIAN Medical Systems

Slide 5

- La planificación inversa del tratamiento es el proceso de planificación donde se especifican los objetivos clínicos dentro del optimizador y el TPS encuentra la solución matemática modificando el plan automáticamente.
- El algoritmo informático optimiza los parámetros del haz que conducen a la distribución de dosis deseada.
- Durante la optimización de IMRT, las fluencias de cada campo se optimizan cambiando los pesos de los haces.
- Durante la optimización del ángulo del haz, se modifican los ángulos del pórtico.
- La fluencia se obtiene durante la fase de optimización y representa la solución matemática sobre la mejor forma de ponderar los haces para lograr la dosis deseada.  
Más tarde, ese patrón de fluencia deseado se convertirá en el patrón de movimiento de la hoja para su entrega dentro de la Calculadora de movimiento de la hoja en Eclipse.

## Electronic Compensation

- Replacement of physical compensator
- Intensity modulation required for compensation achieved by means of dynamic MLC (step and shoot or sliding window) delivery

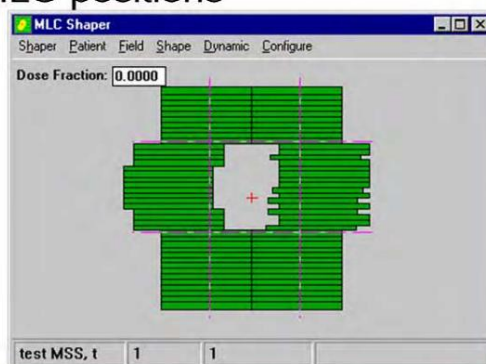
VARIAN Medical Systems

Slide 6

- La atenuación selectiva del compensador físico se puede reemplazar por la entrega dinámica de MLC.
- Eclipse ofrece 3 tipos de compensaciones electrónicas:
  - Compensador electrónico: la atenuación selectiva del material del compensador se convierte en fluencia y se entrega por medio de MLC dinámico;
  - El compensador de superficie irregular compensa en la superficie construida a un porcentaje de la profundidad de penetración;
  - Field in Field Compensator forward IMRT planificación que se puede utilizar en Eclipse.

## Multiple Static Segment (MSS) Delivery

- An IMRT delivery method in which the modulated beam is delivered in a sequence of static MLC positions



VARIAN Medical Systems

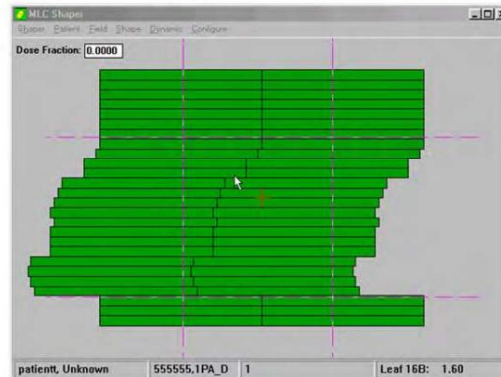
Slide 7

- Este método de entrega también se conoce como Step and Shoot o Segmental MLC.
- Este método de entrega se caracteriza por una serie de formas MLC estáticas (subcampos), cada una con un número definido de unidades de monitor. Las hojas no se mueven cuando se entrega el haz. Las hojas solo se mueven cuando la viga está sujeta.
- Durante esta entrega, el MLC está en modo dinámico (dMLC).
- Solo se cambia un parámetro a la vez durante esta entrega: ya sea la forma del MLC o la dosis entregada por segmento determinado.
  - El haz está en espera mientras las hojas se mueven.
- MLC primero creará la forma sin administrar ninguna dosis, luego la porción de MU se administrará a esa apertura. El haz se coloca en una bodega, se modifica la forma y luego se envían MU a esa apertura. Esto continúa hasta que todos los segmentos han sido tratados.
- Entregar la menor cantidad de MU no significa necesariamente el menor tiempo de entrega. Consulte también las notas en la siguiente diapositiva.
- El usuario puede seleccionar el número deseado de niveles de intensidad en el Cálculo del movimiento de la hoja. Los niveles de intensidad no equivalen necesariamente al número de segmentos o subcampos. Eclipse muestreará el perfil de intensidad por el número definido y calculará el número requerido de segmentos.

02

## Sliding Window Delivery

- An IMRT delivery method in which the shape of MLC is changed while the beam is on



VARIAN Medical Systems

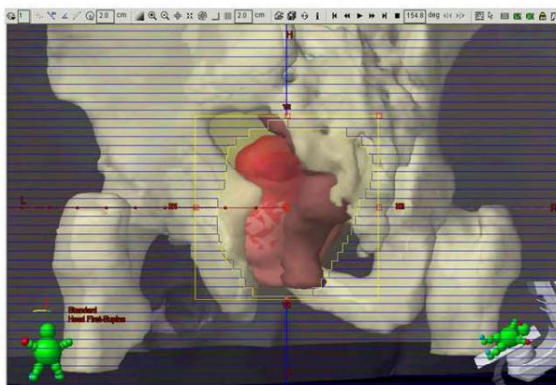
Slide 8

- Este método de entrega también se conoce como Sweeping gap, Moving Window.
- Este es otro método de entrega de dMLC.
- En este caso, se cambian dos parámetros al mismo tiempo: la forma de la MLC y la dosis administrada.
  - Las hojas se mueven mientras el haz está encendido;
  - La cantidad de radiación se controla cambiando la velocidad de las hojas y el espacio entre las hojas.
- El MLC primero determinará la posición inicial, luego el MLC se moverá por el campo, de izquierda a derecha, a medida que se administra la dosis.
- Este método de entrega generalmente requiere más MU que MSS, pero el tiempo de entrega es más corto que MSS.



## Conformal Arc delivery

- Shape of MLC dynamically conformed to target structures.



VARIAN Medical Systems

Slide 9

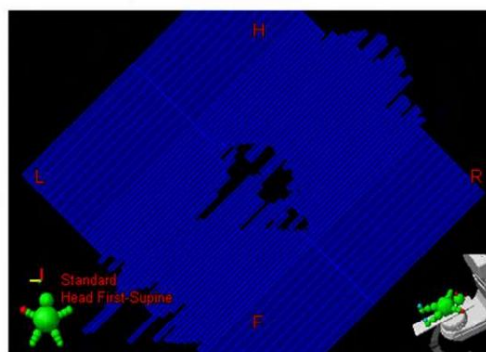
- En este caso se pueden cambiar dos parámetros al mismo tiempo: la forma del MLC y el ángulo Gantry.
- El colimador MLC primero determinará la posición inicial y luego el MLC se moverá de acuerdo con el ángulo de rotación del pórtico de acuerdo con la proyección del objetivo.
- La dosis por ángulo Gantry es constante.

02

## VMAT Delivery

- Optimized and varied

- MLC shape
- Dose rate
- Gantry rotation speed



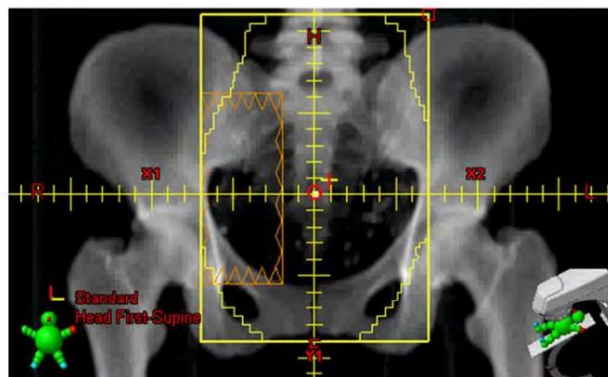
VARIAN Medical Systems

Slide 10

- En este caso, se pueden cambiar tres parámetros al mismo tiempo: la forma del MLC, el ángulo del pórtico y la dosis administrada por ángulo.
- El MLC primero determinará la posición inicial y luego el MLC se moverá según el ángulo de rotación del pórtico. Las posiciones de las hojas están optimizadas para ofrecer una distribución óptima de la dosis.
- La dosis por ángulo de pórtico se modula en función de la optimización.

## Jaw Tracking for RapidArc

- Jaws track MLC aperture to minimize transmission



VARIAN Medical Systems

Slide 11

- El seguimiento de mandíbula está disponible para la máquina TrueBeam para minimizar la transmisión solo para RapidArc.

## Control points

- Dynamic beam parameters are described by set of Control Points
- Control points are created by the TPS
  - Present in DICOM RT plan
  - Sent as prescription to Machine and/or MLC controller
- Each control point defines dynamically changing machine parameters at a given point of dose delivery

VARIAN Medical Systems

Slide 12

- Los puntos de control están contenidos en un archivo DICOM.
- Los puntos de control son creados por el sistema de planificación y se utilizan para definir los parámetros de la viga en una ubicación en el campo. Muchos puntos de control se utilizan para campos IMRT y planes VMAT.
- Cada punto de control conoce: número de MU (peso acumulado del medidor), energía, tasa de dosis, ángulo del pórtico y dispositivos limitadores de haz (incluida la posición de la mordaza y la posición del MLC).

## Optimization Terms

- Optimization Algorithms
  - Dose Volume Optimizer (DVO)
  - Progressive Resolution Optimizer (PRO)
  - Beam Angle Optimizer (BAO)
- Leaf Motion Calculator
  - Applies dosimetric and physical characteristics of the MLC to the optimized IMRT plan
  - Calculates MU for IMRT plans
  - Creates control points for delivery of IMRT plans

VARIAN Medical Systems

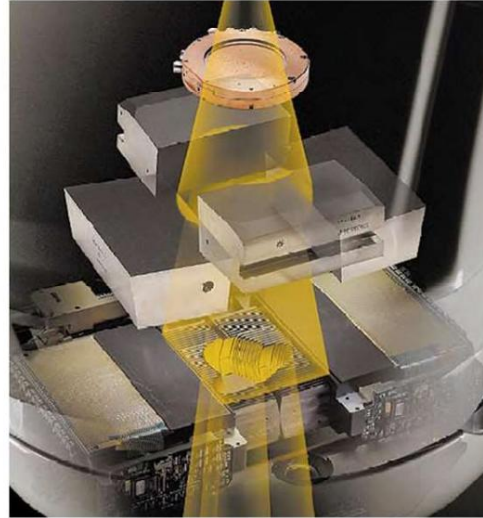
Slide 13

- Dose Volume Optimizer (DVO) es el algoritmo utilizado para la planificación inversa de los campos de IMRT. El DVO no optimiza los parámetros de la máquina directamente, por lo que Leaf Motion Calculator se utiliza para aplicar las características dosimétricas y físicas al plan optimizado.
- Progressive Resolution Optimizer (PRO) es el algoritmo utilizado para la planificación de VMAT.
- La optimización del ángulo del haz (BAO) se puede utilizar para determinar o ajustar los ángulos para IMRT.
- Leaf Motion Calculator calcula las unidades del monitor por campo, las posiciones de las hojas y los puntos de control para los campos IMRT. Leaf Motion Calculator no se utiliza para la planificación de VMAT ya que el algoritmo PRO optimiza directamente los parámetros de la máquina.

02

## Varian MLC design

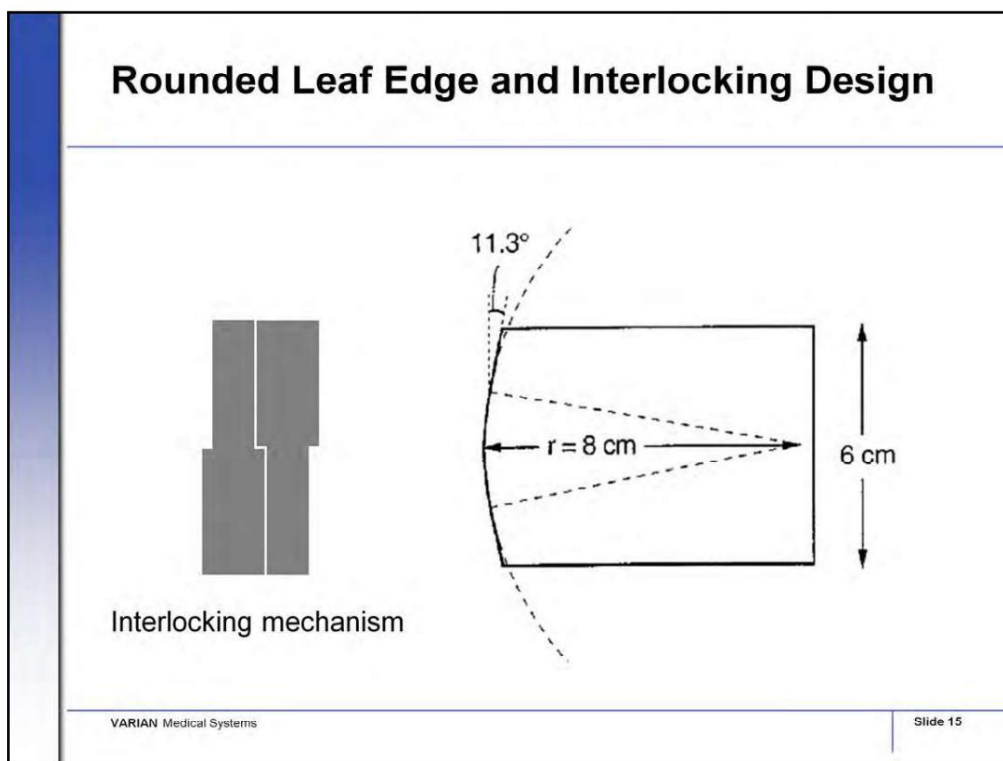
- Carriage (bank)
  - Part of MLC which carries leaves
- Leaf
  - Part of MLC used as final beam limiting device



VARIAN Medical Systems

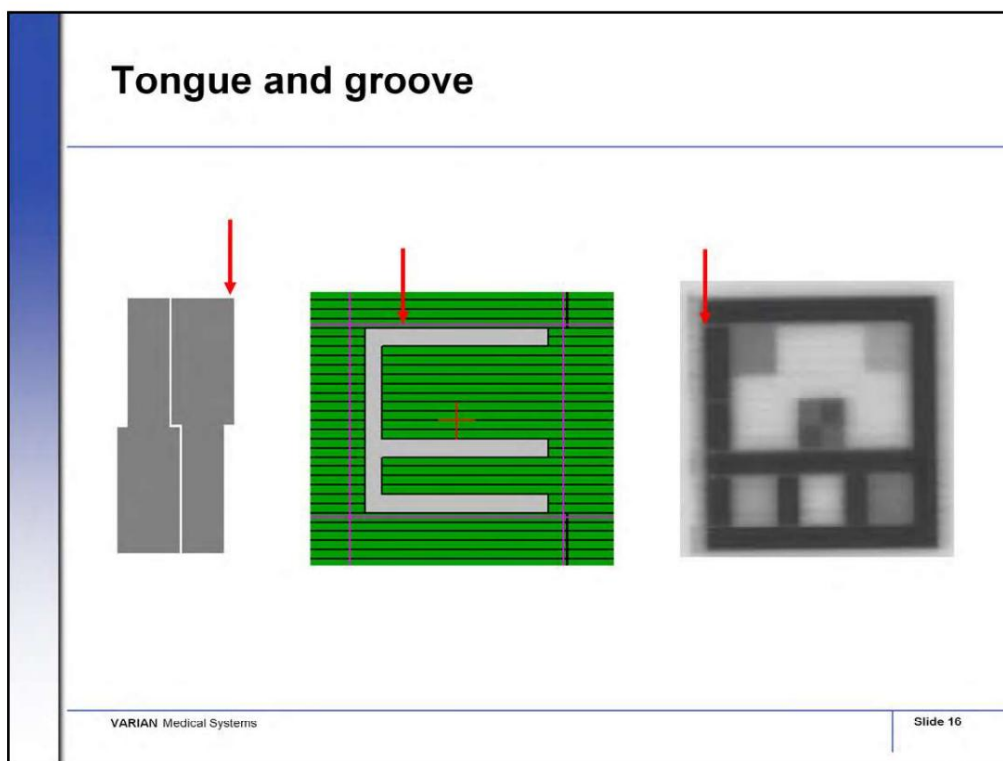
Slide 14

- Varian MLC es un colimador terciario. No reemplaza a ningún par de mordazas.
- Las mordazas se utilizan para respaldar el MLC.
- Consta de dos carros (A y B) que tienen sistemas de lectura primario y secundario.
  - La nomenclatura: el carro A se encuentra debajo de la mordaza X2 y el carro B se encuentra debajo de la mordaza X1.
- Las hojas de MLC se encuentran en el carro. Cada hoja tiene un sistema de lectura primario y secundario.
  - Las hojas están numeradas de A1 a A60 y de B1 a B60 (para Millennium120).
- La forma del MLC es la combinación de la posición del carro y la hoja.
  - Los carros acercan las hojas a su posición final.
  - Las hojas de MLC se extienden desde el carro para crear la forma final de la viga.
  - No hay coordenadas separadas para el carro o para la hoja en el archivo MLC. Lo único la información contenida en el archivo MLC es la posición de la hoja.
  - El controlador MLC traduce las coordenadas internamente a la posición de la hoja y del carro. una hoja especial coordenada representa la punta de la hoja.
- Las hojas pueden moverse mientras el haz está encendido en el modo MLC dinámico.
- Los carros no pueden moverse mientras el haz está encendido. Si se ha habilitado IMRT de campo grande (opción adquirible), permite que el haz se ponga en espera mientras los carros se mueven. Con la IMRT de campo grande, el terapeuta solo necesita configurar la máquina para el campo grande una sola vez. (Ver diapositiva 32 de LF IMRT)
  - Los carros tienen que estar respaldados por la mordaza X. La mordaza X no tiene un sistema de lectura secundario (no se puede mover mientras el haz está encendido).
- Siempre que se vaya a entregar una gran fluencia, se puede dividir en dos o tres campos separados.



- Para mantener una penumbra constante en todo el campo, las hojas se diseñaron con bordes redondeados.
- Esto se debe al hecho de que MLC se mueve a lo largo de una línea recta.
- Para minimizar la transmisión entre hojas, las hojas se diseñaron con un mecanismo de enclavamiento.
- Se utilizan diferentes diseños de bordes de hojas redondeados y diferentes alturas y materiales para MLC Millennium y HD;
  - Los planes de tratamiento no pueden transferirse entre máquinas con diferentes tipos de MLC (Millennium vs HD) sin recálculo;
  - Para obtener más información sobre la replanificación, consulte CTB TR-581.

02

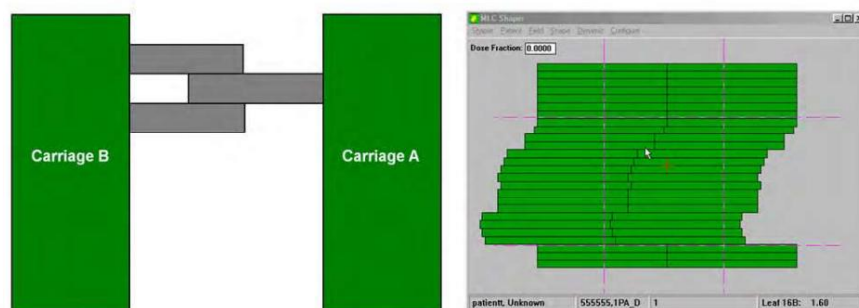


- La transmisión de MLC aumenta entre las hojas. El mecanismo de enclavamiento ayuda a reducir la cantidad de fuga de radiación.
- El efecto de lengüeta y ranura es consecuencia del mecanismo de enclavamiento que introduce una absorción adicional del haz en el borde de la hoja que se mueve de forma asíncrona.
- Tongue and Groove se modela en los cálculos de dosis de Eclipse (versión 8.5 y superior);
  - Todos los cálculos de dosis que involucran MLC incluyen el modelado del efecto machihembrado.



## Interdigitation

- Ability of MLC to position two opposing neighbor leaves next to each other



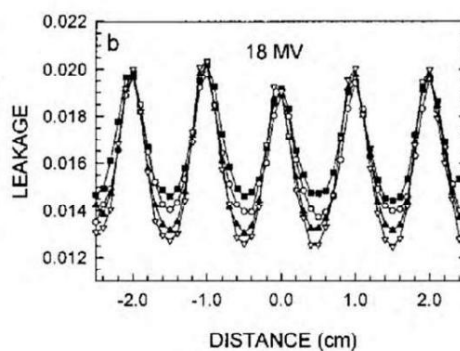
VARIAN Medical Systems

Slide 17

- Este es el parámetro MLC que permite una entrega dMLC mucho más eficiente de campos modulados por intensidad y campos VMAT.
  - Se aplica tanto a MMS como a SW.

## MLC Transmission

- Amount of radiation transmitted through leaves fully blocking a beam
- Consist of
  - Inter-leaf transmission
  - Intra-leaf transmission



Arnfield, Med.Phys. 27 (10), 2000

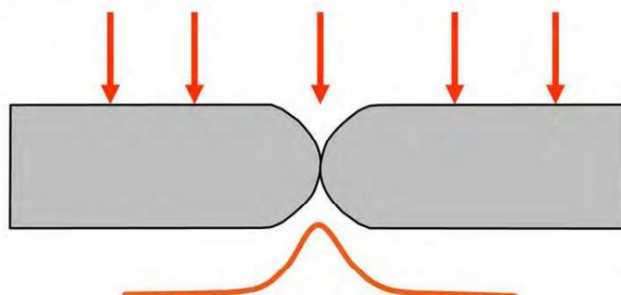
VARIAN Medical Systems

Slide 18

- La transmisión MLC es un parámetro MLC importante.
- El perfil de dosis tal como se muestra en el portaobjetos se midió en la dirección perpendicular al movimiento de la hoja.
- Consta de dos componentes:
  - Transmisión entre hojas - transmisión entre las hojas; - Transmisión intrafoliar- Transmisión a través de las hojas.
- Eclipse TPS requiere un valor de transmisión MLC promedio.
  - La transmisión MLC es uno de los parámetros que se pueden ajustar según sea necesario para lograr una buena concordancia entre el cálculo TPS y la medición de los campos IMRT.

## Dosimetric Leaf Gap (DLG)

- Accounts for extra transmission through the rounded leaf edge
  - Modeled as an apparent gap between two closed straight edge leaves



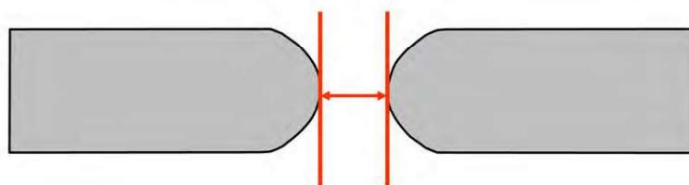
VARIAN Medical Systems

Slide 19

- Otro parámetro de MLC dinámico importante es la separación dosimétrica de hojas.
- Los bordes redondeados introducen transmisión adicional a través de la punta de las hojas debido a la falta de material.
- En Eclipse TPS, se debe modelar y se maneja como un espacio aparente entre dos hojas cerradas con un borde recto.
- Este parámetro debe ser medido por el físico y también se puede ajustar para lograr una buena concordancia entre el TPS y la medición de los campos de IMRT.

## Minimum Dose/Arc Dynamic Leaf Gap

- Minimal tip to tip distance which needs to be maintained for any moving leaf pair during dynamic mode of MLC



VARIAN Medical Systems

Slide 20

- Esta es la distancia obligatoria a mantener entre dos hojas en movimiento.
  - Esto evita la colisión entre las dos hojas opuestas.
  - Se puede utilizar para limitar el tamaño del segmento en la dirección del movimiento de la hoja.
- Cualquier Plan que contenga pares de hojas en movimiento con una separación inferior a 0,05 cm será rechazado por el controlador MLC.

## Leaf Speed

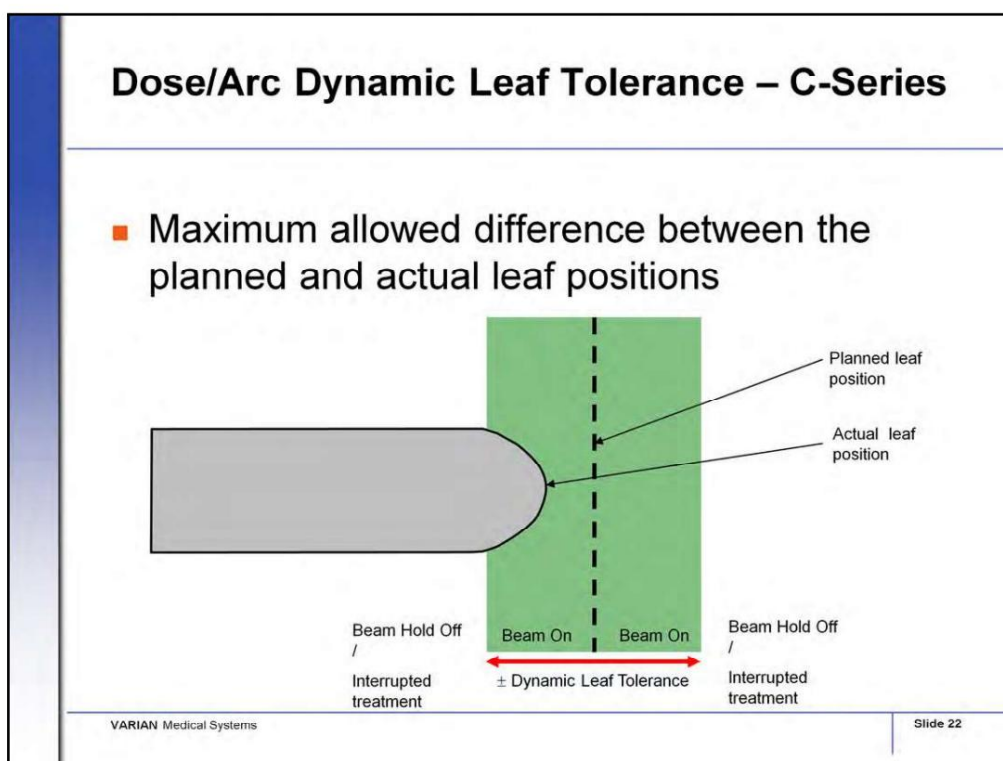
- Speed of the leaf at the level of isocenter.
  - Maximum limit for Varian MLC is 3 cm/s.
  - Model 2.5 cm/s in LMC.
  - Allows for adjustment of any leaf during treatment.

VARIAN Medical Systems

Slide 21

- La velocidad máxima de una hoja de MLC durante el tratamiento es de 3 cm/segundo.
- El LMC debe conocer la velocidad máxima para el cálculo del patrón de movimiento de la hoja.
- Por lo general, se ingresa un valor máximo de 2,5 cm/segundo en Eclipse, lo que permite cierta libertad para el ajuste de la hoja durante el tratamiento.

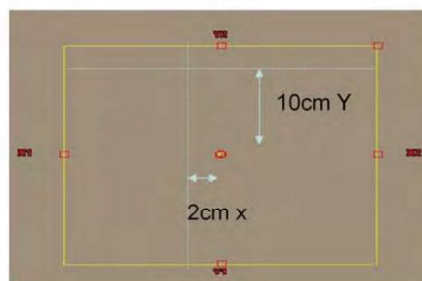
02



- Esta es la diferencia máxima entre las posiciones de hoja planificadas y reales, en función de las MU entregadas para cualquier hoja dMLC involucrada en la entrega de campo de intensidad modulada.
- Para IMRT de pórtico estático siempre que la posición real de la hoja difiera de la posición planificada en más de la tolerancia máxima de la hoja, el Clinac establecerá una suspensión temporal del haz hasta que todas las posiciones de la hoja estén dentro de la tolerancia.
- Para RapidArc y Conformal Arc, siempre que la posición real de la hoja difiera de la posición planificada en más de la tolerancia máxima de la hoja, se interrumpe la entrega del campo.
- Rango predeterminado de valores: 0,05 - 0,5 cm.
- Los terapeutas deben tratar a la tasa de dosis planificada, ya que aumentar la tasa de dosis requerirá que las hojas se muevan más rápido que la velocidad máxima y caigan fuera de la tolerancia, emitiendo repetidas retenciones de haz. El personal de tratamiento, independientemente de los derechos de usuario en cualquier sistema de registro y verificación, puede F6 la tasa de dosis en la máquina. Según el orden de las operaciones (en las versiones 8.5 y superiores), el 4DITC puede producir un interbloqueo EXT (cuando se modifica la tasa de dosis), lo que requiere que el usuario ingrese un nombre de usuario y una contraseña para anular la tasa de dosis. Los planes de IMRT siempre deben tratarse a la tasa de dosis planificada.

## Jaw Over Travel

- The maximum distance the collimator jaw can extend over the central axis.



VARIAN Medical Systems

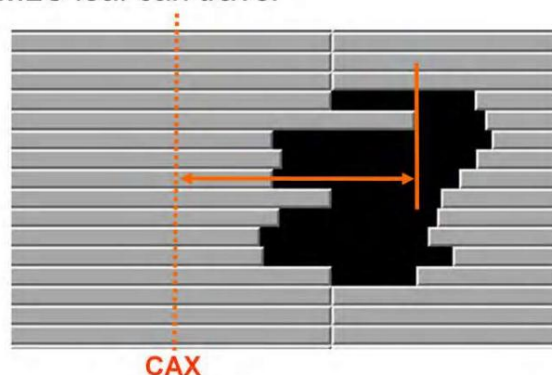
Slide 23

- Los límites son 2 cm para las mordazas X en una máquina Varian, 10 cm para las mordazas Y.
- Mueva las mordazas cerca del borde de la hoja para reducir la transmisión a través de MLC.

02

## Leaf Over-travel

- The maximum distance over the beam CAX to which an MLC leaf can travel



VARIAN Medical Systems

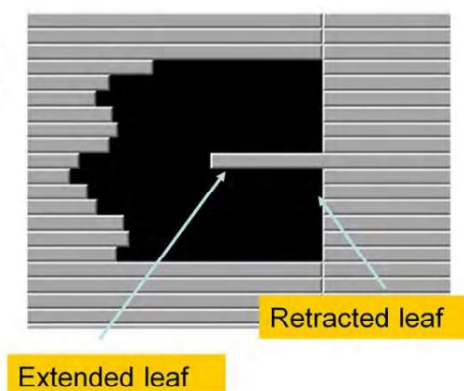
Slide 24

- El sobrerrecorrido máximo de la hoja se produce cuando el carro MLC se desplaza al máximo hacia el eje del haz y las hojas individuales se extienden por completo desde el carro.



## Leaf Positions

- Fully retracted leaf is in the basic position within the carriage. The leaf is fully inside the carriage, at the “end” position.
- Extended leaf is extended from the carriage.



VARIAN Medical Systems

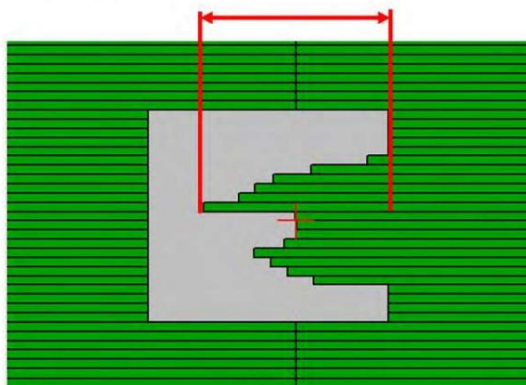
Slide 25

- Si la hoja está dentro del carro, retraída, en casa/estacionada, está completamente retraída y asentada en el borde del carro.
- Cuando la hoja se saca del carro, se extiende.

02

## Leaf Span

- Maximum distance from tip of the most retracted leaf to the tip of the most extended leaf



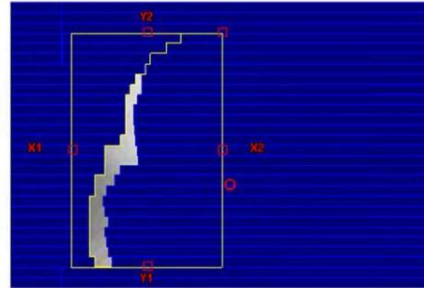
VARIAN Medical Systems

Slide 26

- Este es un parámetro importante de MLC.
  - Determina el ancho máximo del campo IMRT que se puede entregar sin movimiento de carruajes.
- El tramo Leaf es de 15 cm para Millennium MLC, HD120 MLC y MLC disponibles en las máquinas TrueBeam y TrueBeam STx.
- La envergadura de la hoja es de 14,5 cm para el Mark II MLC

## Large Field IMRT

- Mode used to deliver large IMRT fields
  - Treatment field divided into subfields with a width smaller than the leaf span
  - Beam put on hold while the carriages move



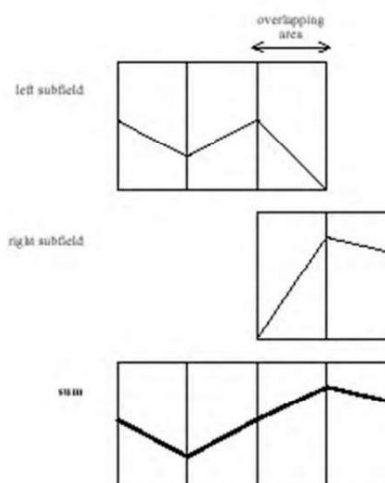
VARIAN Medical Systems

Slide 27

- LFIMRT es una capacidad del sistema que produce la capacidad de entregar un solo campo MLC dinámico planificado que consiste en dos o tres movimientos totales del carro en un solo ángulo de pórtico, con una sola pulsación del botón Beam On en el teclado de control Clinac. Esto permite que los campos de grupos de carros múltiples se entreguen fácilmente al paciente de manera más eficiente y reduzca los tiempos de tratamiento.
- LFIMRT es una opción adquirible que requiere actualizaciones del software MLC, el software de control Clinac y el 4DITC. Se requiere el software Eclipse y ARIA v8.1 o superior.
- LFIMRT debe estar habilitado en:
  - Administración de RT > Dispositivos de radiación e imágenes > Límites operativos;
  - Planificación de tratamiento > Planificación de haz externo > Configuración de tareas > LF IMRT Pestaña.
  - Administración de la Consola 4DITC:
    - Configuración de la Máquina; Pestaña General; Seleccione la opción para LF IMRT;
    - Configuración de la Máquina; Pestaña MLC; Seleccione la opción para LF IMRT.
  - TrueBeam > Administración de RT > Límites operativos > Técnica, tasa de dosis y pórtico > establecer en Dinámico

## Multiple Carriage Delivery

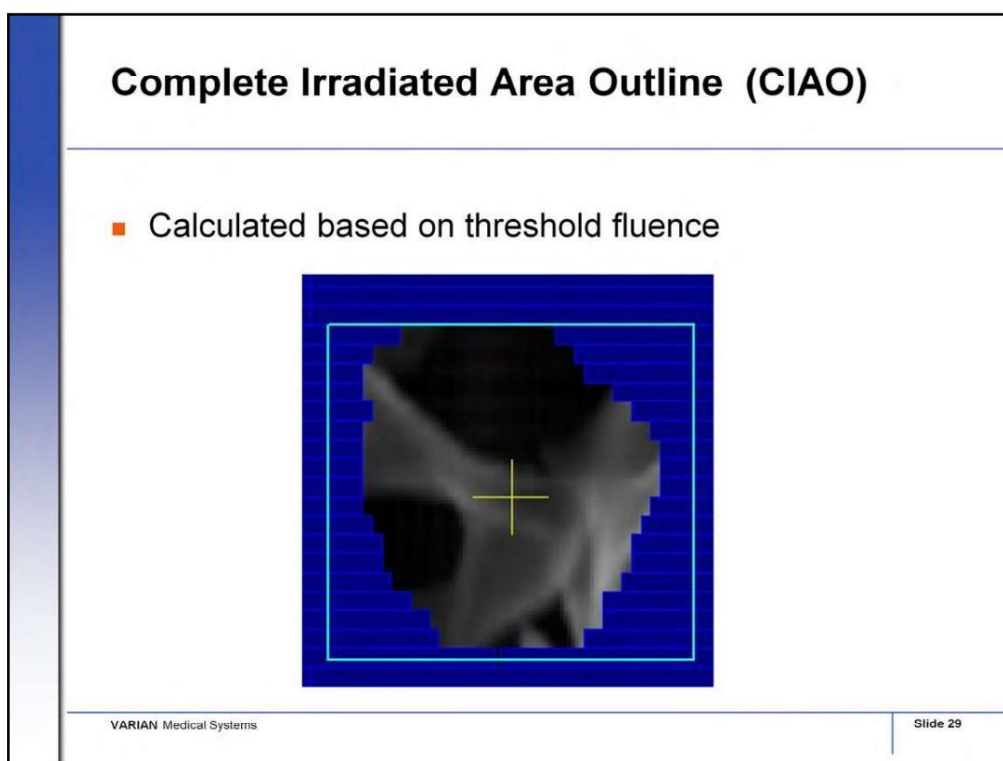
- Used for large modulated fields
  - Carriages cannot move while the beam is on
  - Treatment field split into subfields with a width smaller than the leaf span



VARIAN Medical Systems

Slide 28

- Los campos de IMRT grandes (más grandes que la extensión de hoja máxima de MLC) se dividirán en 2 o 3 subcampos separados.
- Los carros MLC no se pueden mover mientras el haz está encendido (deben estar respaldados por mordazas X). Si la IMRT de campo grande está habilitada, el terapeuta debe aumentar el modo del campo grande una vez.
- No se utiliza un sistema de lectura de posición secundario para las mordazas X, por lo que cada vez que es necesario mover el carro, se interrumpe el haz.
- La división se realiza automáticamente en el momento del cálculo del movimiento de la hoja.
  - El usuario no tiene control sobre la división.
  - Las fluencias se superponen 2 cm, lo que hace que el área de división del grupo de carros sea menos sensible a los errores de posicionamiento.



- Esto permite la filmación portuaria de los campos DMLC completos.

## Disclaimer

### Notice

- This information is an educational aid only and is intended solely as a supplemental document. This provides information concerning the use of the Eclipse Treatment Planning System. For complete information concerning components, safety instructions, installation, maintenance, troubleshooting, etc., refer to the applicable Varian product Operator's Manual. This information does not replace the Varian Operator's Manual.
- Carefully read all instructions prior to use. Observe all contraindications, warnings and precautions noted in these instructions. Failure to do so may result in patient and/or user complications.
- This information is subject to change without notice and does not represent a commitment on the part of Varian. Varian is not liable for errors contained in this information or for incidental or consequential damages in connection with furnishing or use of this material. This contains proprietary information protected by copyright. No part of this may be reproduced, translated, or transmitted without the express written permission of Varian Medical Systems, Inc.

