

TITULO : INTRODUCCION A LA TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTARIZADA
AUTOR : ING. JOSE J. RAMOS RODRIGUEZ
DIRECCION : AV. AMERICA No. 2848 Y CUERO Y CAICEDO
QUITO - ECUADOR

R E S U M E N

A través de un método didáctico se aspira reforzar o aclarar algunos de los conceptos y métodos de cálculo involucrados en el conocimiento de la Tomografía Axial Computarizada.

Considerando las limitaciones existentes en el diagnóstico por imágenes que tiene la radiología convencional, se justifican la creación y el vertiginoso desarrollo de este nuevo método de diagnóstico médico.

En una breve reseña histórica se evidencia el grado de evolución alcanzado; y mediante una descripción de las cinco generaciones de tomógrafos, se intenta explicar en forma lógica y práctica todas las técnicas de exploración existentes.

Una vez descritos los fundamentos básicos y las principales partes que conforman un sistema tomográfico, por medio de un modelo, se explican las diferentes fases de la adquisición de datos, procesamiento de la información, presentación y manejo de imágenes.

INTRODUCCION

En tecnología radiológica, la absorción posicional de radiación de un objeto es evidenciado por la acción de la energía residual sobre las películas radiográficas, produciéndose la compresión de un volumen en un plano. Por lo tanto, las placas radiográficas son el resultado de elementos de imagen superpuestos que impiden la detección de pequeñas diferencias de absorción. La utilización de medios de contraste incrementa notablemente la capacidad de observación y diagnóstico pero sin permitir una discriminación cuantitativa de las características de absorción y densidad de los tejidos radiados.

La tomografía axial computarizada utiliza los principios tradicionales - de la radiología convencional para la obtención de datos de atenuación desde distintas direcciones, de una sección determinada del cuerpo (Fig. 1). Mediante un proceso matemático complejo se reconstruye en la gama de grises, una imagen de la sección transversal explorada, a partir de una matriz de elementos de imagen que representan las diferentes características de absorción a los rayos X de las estructuras radiadas.

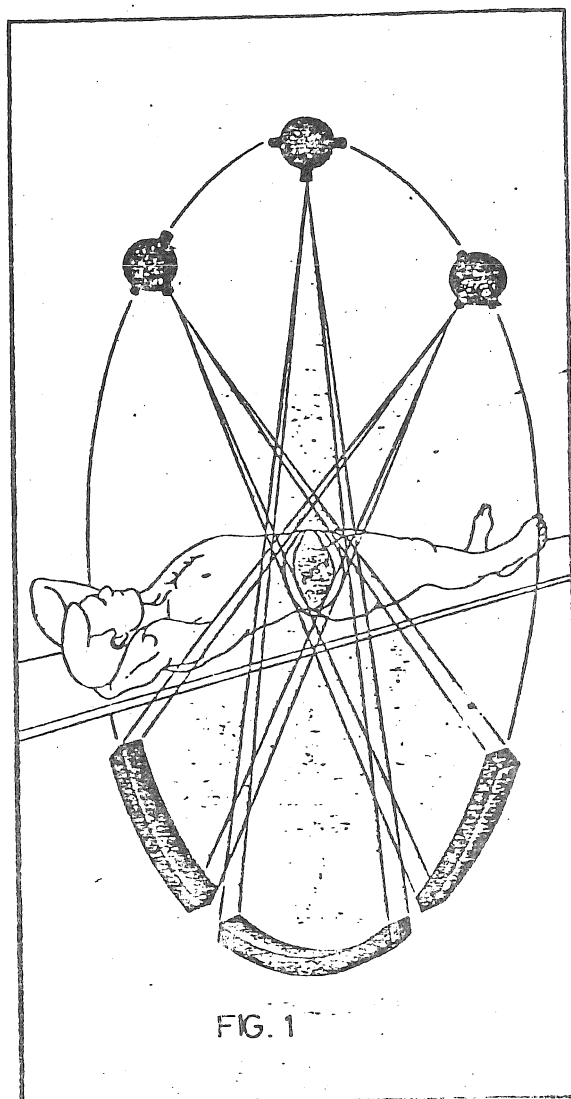


FIG. 1

EVOLUCION DE LA TOMOGRAFIA

El desarrollo vertiginoso de la tomografía axial computarizada puede ser evidenciado en la siguiente descripción histórica y generacional de su proceso evolutivo.

- OLDENDORF en 1961, fue el primero en encontrar una nueva posibilidad de medición de cuerpos de densidades irregulares; llegando a sugerir, un método lógico de procesamiento de la información adquirida, el mismo que fracasó debido a que no contaba en esa época con un medio técnico idóneo para poner en práctica sus ideas.
- CORMACK en 1963, ofreció la primera base teórica para la reproducción de imágenes radiológicas, definiendo inclusive los principios básicos de la tomografía computarizada actual.
- HOUNSFIELD en 1973, construye el primer tomógrafo computarizado aplicado a la medicina. Esta unidad permitía realizar una estimación cuantitativa de la absorción de los rayos X en el cerebro.
- AMBROSE (1973), en un período de dos años, realizó experimentos clínicos - con este equipo en el Hospital Morley de Atkinson, perfeccionando el tomógrafo inicial y los métodos de diagnóstico clínico.
- LEDLEY y DI CHIRO, poco tiempo después, desarrollaron el primer tomógrafo computarizado para cuerpo entero, mejorando notablemente la capacidad diagnóstica médica.

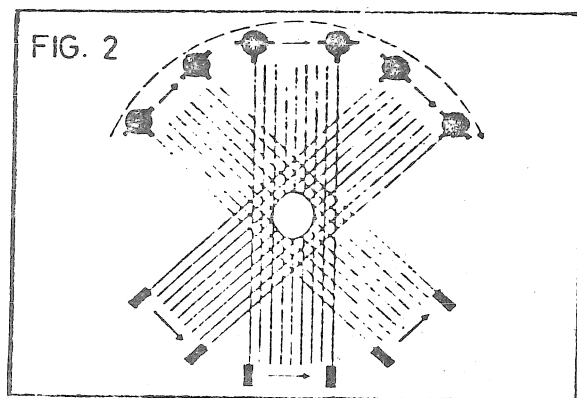
Es deseable que un sistema tomográfico proporcione la máxima calidad de imagen, con la mínima dosis de radiación, obtenida con el menor tiempo posible de exploración y procesamiento de información. Con estos ambiciosos fines, - se han desarrollado cinco técnicas de exploración o generaciones tomográficas

PRIMERA GENERACION (Fig. 2)

Sistemas de Rotación - Traslación con un solo detector.

- El haz de radiación alcanza al único detector situado en posición opuesta al tubo de rayos X.

Para la adquisición de datos el conjunto tubo-detector realiza un movimiento de traslación lineal a través del cuerpo sujeto a exploración, después realiza un movimiento de rotación, hasta completar un giro de 180° en pasos de 1° . Se requerirían aproximadamente 4 minutos para completar un corte tomográfico. La mecánica era sumamente compleja y los tomógrafos estaban diseñados únicamente para cerebro.



SEGUNDA GENERACION (Fig. 3)

Sistemas de Rotación - Traslación con varios detectores

- El sistema de detección con cámaras de 5 a 50 detectores es colocado opuesto al tubo de rayos X. El haz de radiación en forma de abanico disminuye el número de pasos angulares, los cuales son usualmente de 10° . La adquisición de datos se realiza únicamente durante cada movimiento de traslación lineal y deja de tomar datos durante cada movimiento de rotación, requiriéndose entre 10 y 30 segundos por cada exploración.

Aparecen los primeros tomógrafos para cuerpo entero; pero mecánicamente siguen siendo complejos.

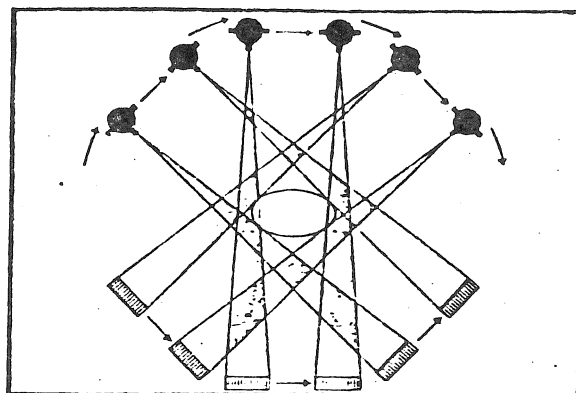


FIG. 3

TERCERA GENERACION (Fig. 4)

Sistemas de Rotación - Rotación

- Un haz de radiación en forma de un amplio abanico cubre completamente una cámara de 200 a 1000 detectores los cuales se mueven en el mismo sentido del tubo de rayos X alrededor del cuerpo explorado.

La adquisición de datos se lo realiza en forma pulsante durante su recorrido de 360° . Mecánicamente se simplifican los tomógrafos y se pueden obtener tiempos de exploración que permanecen entre 1 y 10 segundos.

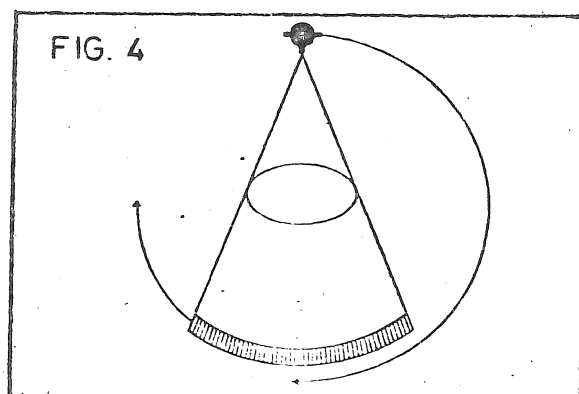


FIG. 4

CUARTA GENERACION (Fig. 5)

Sistema de rotación con detectores estacionarios

- Un tubo de rayos X con un abanico amplio de radiación se mueve angularmente por la parte interior o exterior de un aro fijo de detectores (desde 300 o varios miles de detectores).

La adquisición de datos se la realiza en forma pulsante durante 3 a 8 segundos.

El gran número de detectores encarece el sistema y únicamente una porción de ellos es usado en un tiempo dado. El gran espaciamento entre detectores disminuye su eficiencia.

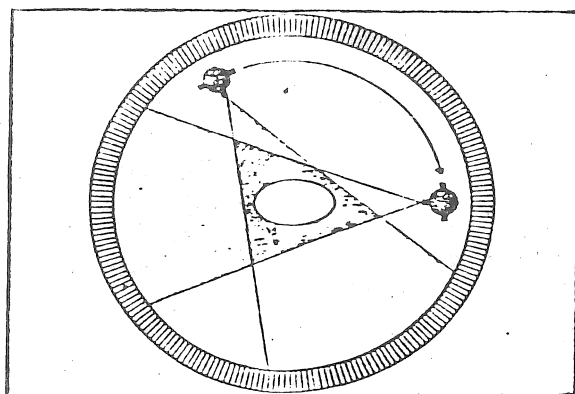


FIG. 5

QUINTA GENERACION

Sistema estacionario

- Varios tubos de rayos X con abanicos amplios de radiación, son colocados concéntricamente a un aro fijo de varios miles de detectores. Cada tubo de rayos X sensibiliza el grupo de detectores opuestos a él. Este sistema por su alto costo de producción, en la actualidad no es factible comercialmente y se encuentra en una fase investigativa. La adquisición de datos puede realizarse en tiempos menores que un segundo y se aspira obtener imágenes prácticamente en tiempo real.

Una breve descripción de algunos de los conceptos involucrados en la tomografía axial computarizada permitirán una evaluación del sistema.

Absorción : Es la capacidad, asociada con la transferencia de energía, de un material para detener los rayos X.

Intensidad incidente : Es el número original de fotones de rayos X que ingresan a un objeto.

Intensidad transmitida : Es el número de fotones de rayos X que pasan a través de un objeto.

"Scatter" : Es la dispersión de fotones de rayos X.

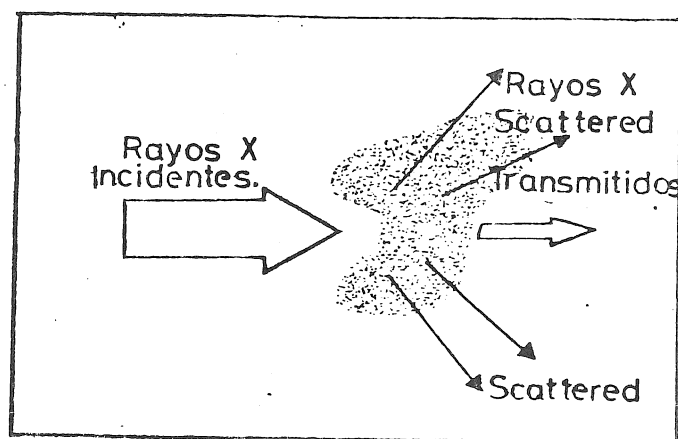


FIG. 6

Atenuación : Es la reducción de intensidad de la radiación que pasa a través de un material debido a la absorción y al "Scatter".

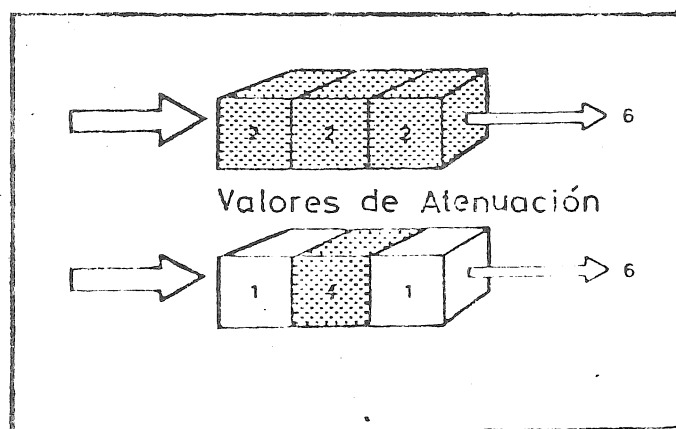


FIG. 7

Corte Tomográfico : Es la sección transversal del cuerpo, de grosor determinado por el haz de radiación, que proporciona los datos de atenuación para la reconstrucción de la imagen.

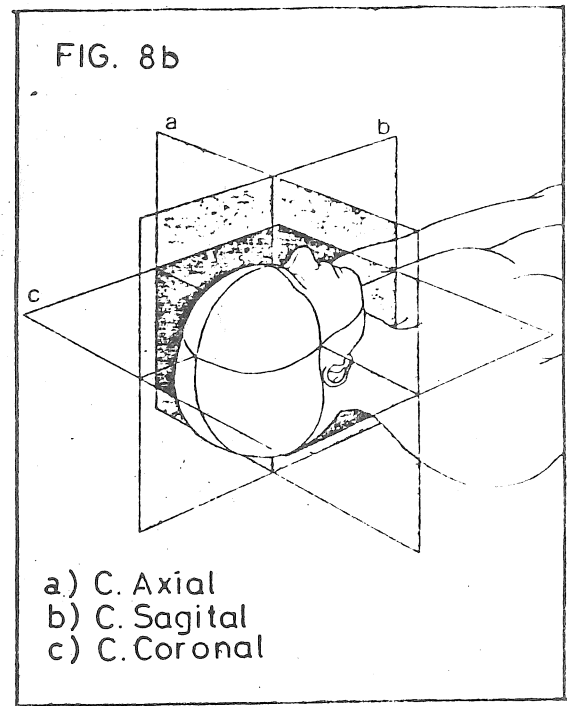
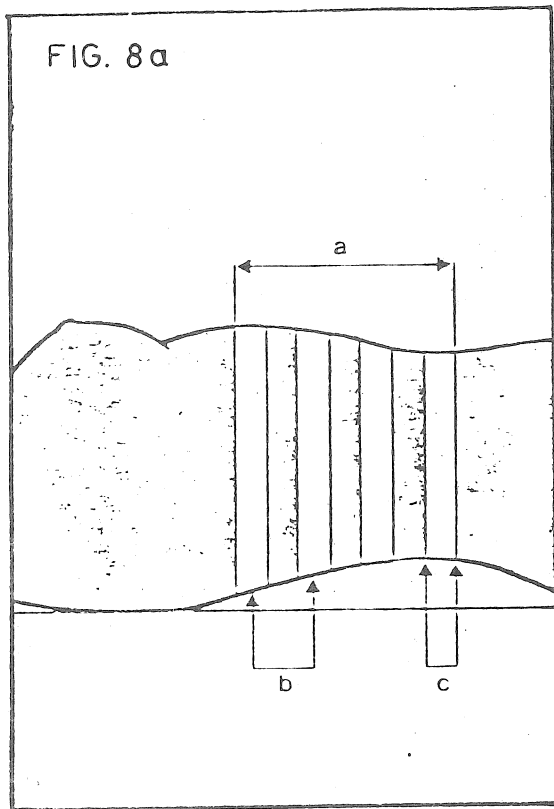


Fig. 8a a) Area de exploración; b) intervalo de corte; c) ancho del corte tomográfico.

Matriz de imagen : Es un arreglo bi-dimensional de valores que representan elementos de imagen en esa localidad.

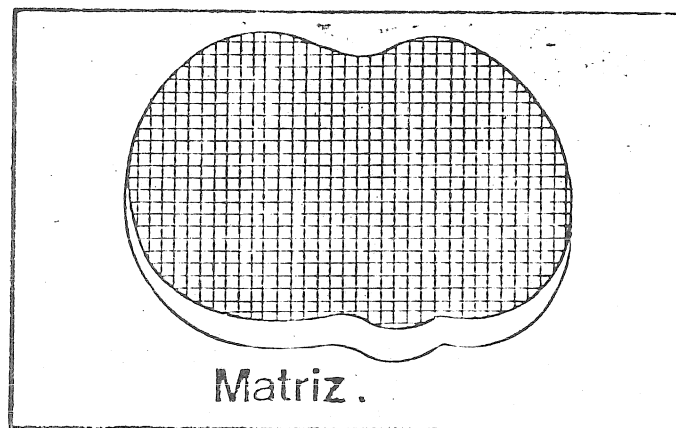


FIG. 9

Voxel : Es cada elemento individual de volumen en el objeto explorado.

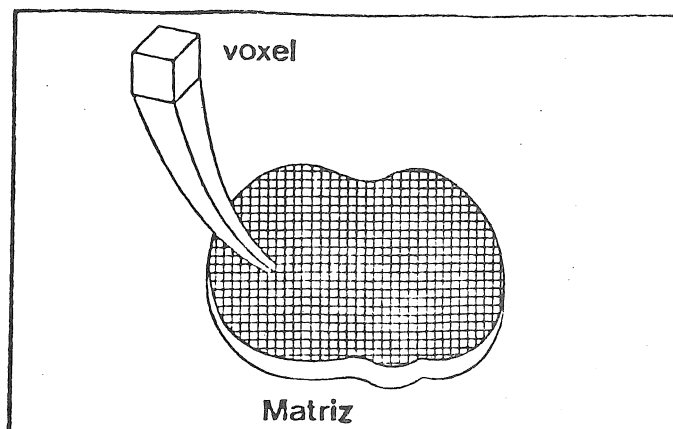


FIG. 10

Pixel : Es cada elemento individual de imagen.

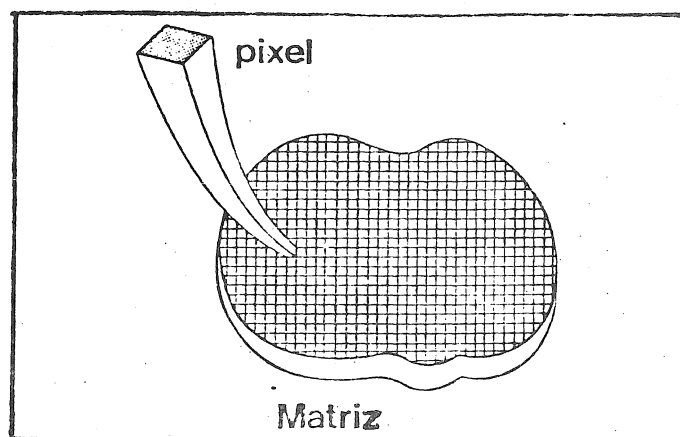
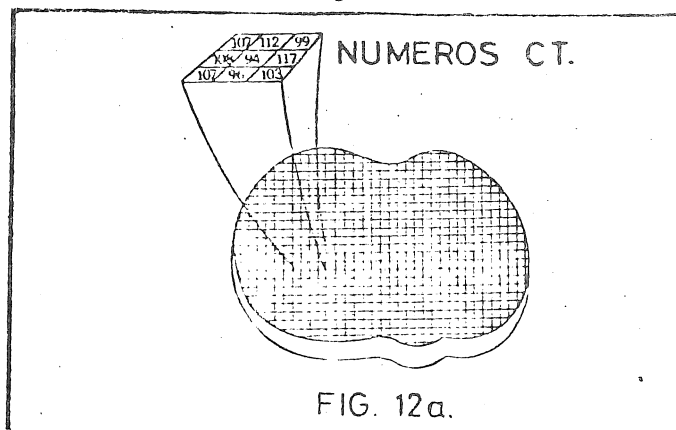


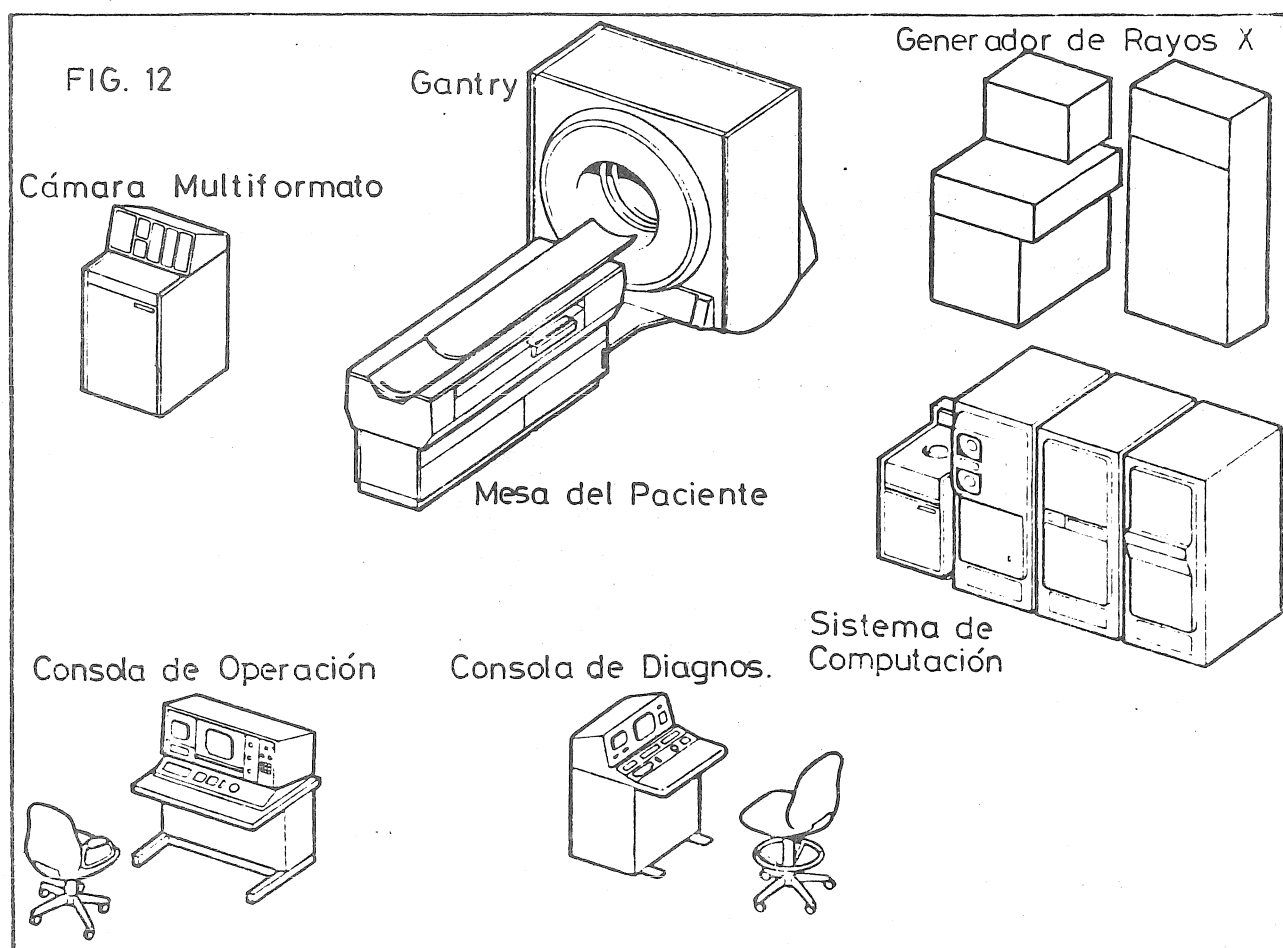
FIG. 11

Número CT o Hounsfield : Son los números de la matriz de imagen que representan el valor de la atenuación en el correspondiente voxel del objeto.



Un tomógrafo axial computarizado clásico consta de las siguientes partes básicas (Fig. 12)

- El computador, es la unidad encargada de controlar todas las funciones del sistema, procesar la información y reconstruir las imágenes.
- La unidad de exploración o gantry, consistente de un tubo de rayos X, un sistema de detección y adquisición de datos.
- El control y generador de rayos X, es la unidad de potencia encargada de producir la energía necesaria (120KV - 500 mA) para la producción de rayos X.
- La consola de operación y diagnóstico, es la unidad que permite el diálogo con el computador y la evaluación de la imagen procesada.
- Las unidades de almacenamiento de información, permiten guardar temporal o permanentemente las imágenes de pacientes, y éstas pueden ser discos magnéticos, ópticos, floppies, cintas magnéticas, placas radiográficas, fotografías, etc.



El sistema de rotación - traslación de un solo detector servirá para explicar las fases de adquisición de datos, reconstrucción y presentación de imágenes.

Estos conceptos pueden ser extensibles a las demás geometrías existentes.

Un as colimado de rayos X atravieza un objeto y durante el primer recorrido transversal, sensibiliza al detector que capta los valores de atenuación de la primera vista (Fig. 13).

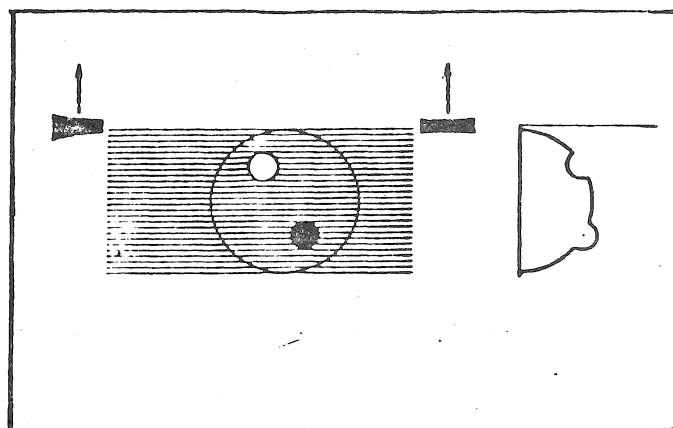


FIG. 13

Después de que la primera vista es grabada en un perfil de atenuación, el conjunto tubo-detector gira un pequeño ángulo y el proceso se repite hasta obtener muchas vistas del corte tomográfico. (Fig. 14).

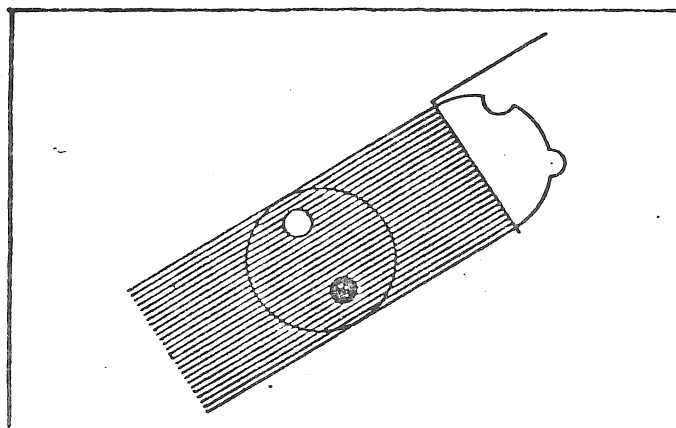


FIG. 14

De cada uno de los perfiles de atenuación o vista, se puede obtener una imagen representativa del objeto explorado. Una imagen puede ser reconstruida por la retroproyección de muchas vistas. (Fig. 15).

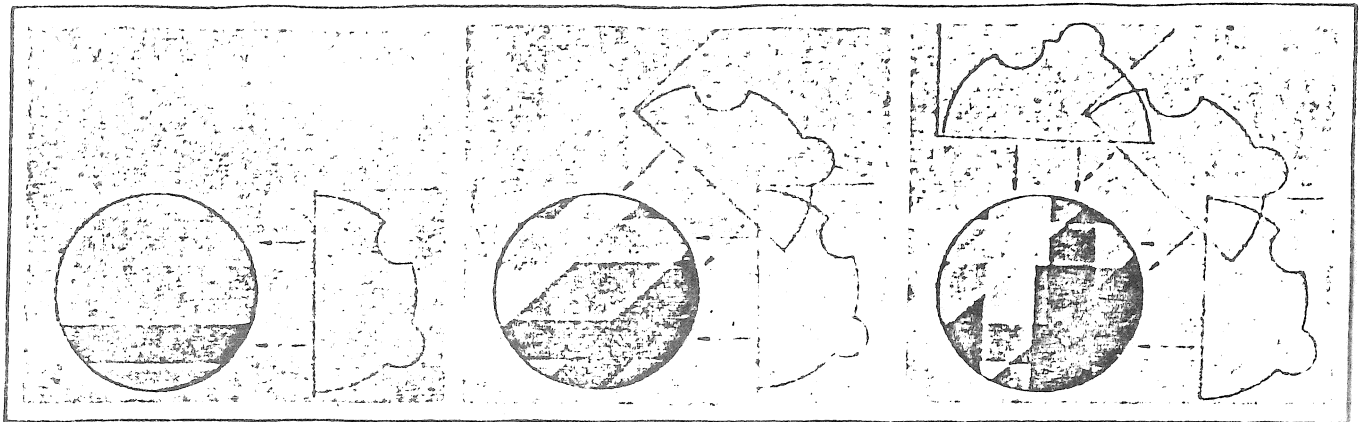


FIG. 15

Los elementos de la imagen reconstruida tendrán una forma de estrella, o con artefactos que pueden ser minimizados mediante la introducción de funciones filtro, las cuales son superpuestas a los perfiles de atenuación por medio de un proceso de convolución.

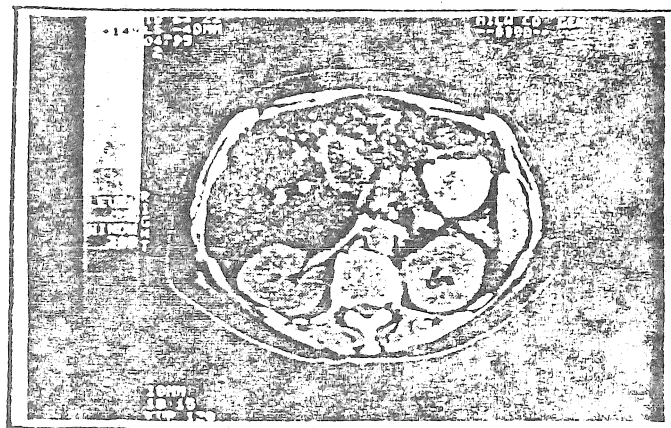


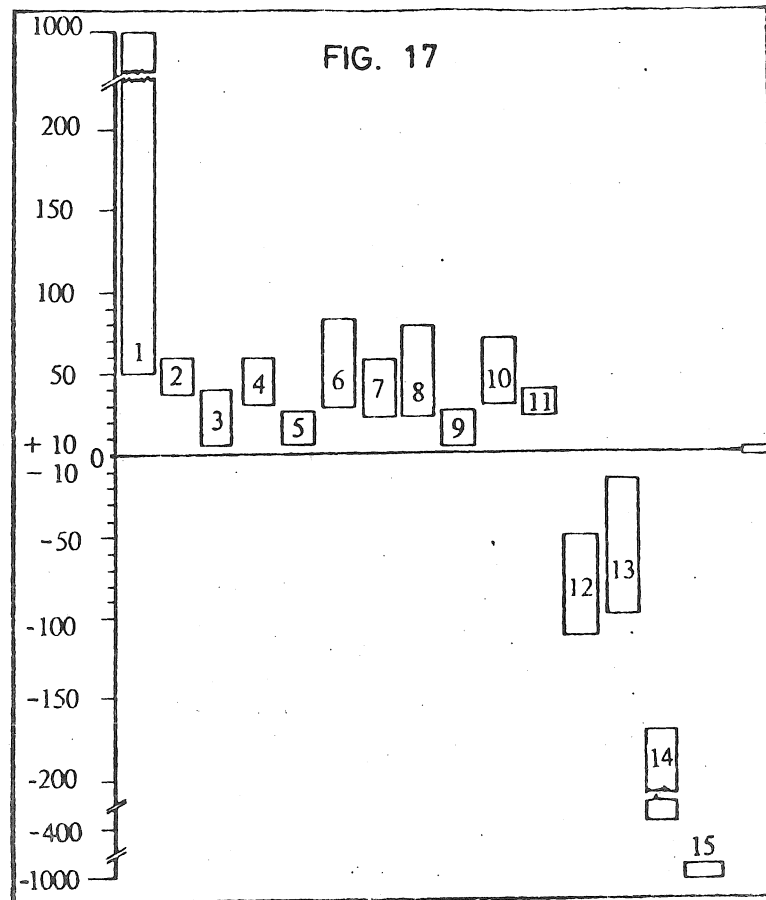
FIG. 16

La influencia de parámetros ajenos al cuerpo explorado como son el estado actual del tubo y detectores, filtros mecánicos, etc; son considerados en un archivo de calibración que corrigen los perfiles de atenuación. Esta información filtrada y corregida es almacenada como valores numéricos en función de su posición, que luego de ser procesada vienen a constituirse en la matriz de imagen, que puede ser presentada en un monitor de televisión para su interpretación.

Cada elemento de imagen o pixel, es el resultado del promedio de todos los valores de atenuación en esa posición y es representado por un tono en la gama de grises para su presentación. Los tamaños más comunes de las matrices de imagen son 256 x 256, 320 x 320, 512 x 512 y corresponde al número de pixels

que contiene la imagen del cuerpo explorado.

El amplio rango de valores de atenuación existentes en una imagen tomográfica requiere de una amplia escala de números CT, los más comunes son de ± 1.000 y de -1.000 a 3.000 . (Fig. 17)



Sin embargo, el ojo humano no alcanza a distinguir más de 20 niveles de grises y no podría apreciar la gran cantidad de información contenida en una exploración tomográfica. (Fig. 18)

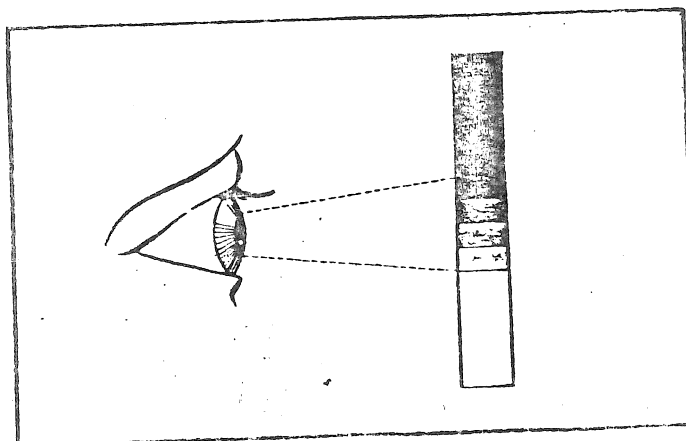


FIG. 18

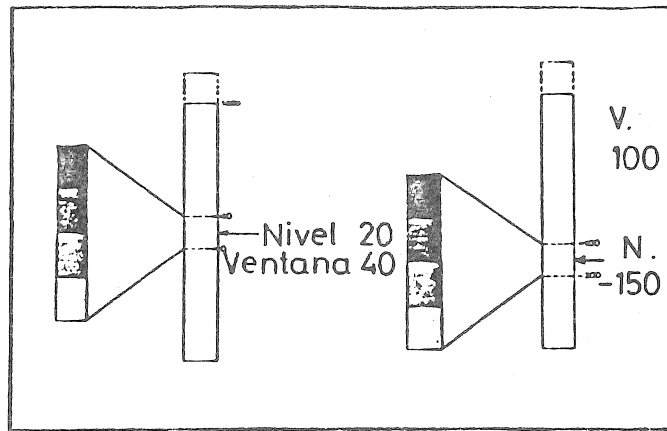


FIG. 19

Dependiendo de la patología que se desea analizar, el médico puede desplazar el nivel de números CT a lo largo de toda la escala, con el ancho de ventana que proporcione la mejor visualización. Manipulando el nivel y las ventanas se puede conseguir que únicamente el rango de densidades escogido, aparezca en la gama de grises completa, mientras la información innecesaria para el diagnóstico es eliminada.

La tomografía axial computarizada se ha desarrollado notablemente, revolucionando las técnicas tradicionales de diagnóstico por imágenes, sin embargo, aún queda mucho por hacer en esta area...