

**GAMMA**sys



# MANUAL DE OPERACIONES

## CALIBRADOR DE DOSIS

### MODELO DIGICAL I

Industria Argentina

## INDICE

Nota de Advertencia	3
Descripción general	5
Instalación	6
Fundamentos del medidor de dosis	7
Funciones del teclado	11
Modos de operación	12
Opciones del menú	13
Tabla de factores	15
Especificaciones	16

## NOTA DE ADVERTENCIA

### INTRODUCCION:

La seguridad de los pacientes y los operadores han sido de gran consideración durante el diseño y desarrollo de este equipo, con el adecuado cuidado, funcionará seguro y confiable. El uso inadecuado, por lo tanto, podría provocar daños al equipamiento o serios daños personales.

Las instrucciones en este manual han sido provistas para su beneficio. Asegúrese de leerlas antes de operar este equipo, y guarde este manual para referencias futuras. Recuerde que las operaciones apropiadas y el mantenimiento son los primeros y mejores pasos para la seguridad.

### ELECTRICOS

Este equipo opera en 220 V AC, 50 Hz únicamente. La apropiada conexión a tierra del equipo se obtiene a través de un enchufe de tres patas en el cable de energía, y para ser efectivo, éste deberá ser enchufado únicamente en una toma de corriente de pared a tierra. Nunca use un adaptador para adaptar el enchufe de tres patas a una toma de pared de dos polos, incapacitará el circuito a tierra del instrumento. Haga un chequeo eléctrico del circuito del edificio antes de usar el Instrumento, puesto que la tierra del equipo no puede funcionar a no ser que el circuito del edificio esté completo.

No proveer un adecuado circuito a tierra puede provocar una peligrosa descarga eléctrica que puede causar serios daños a la persona.

Solo se debe permitir el acceso a cualquier parte interna de este equipo a personal entrenado y calificado. Las instrucciones completas son provistas en este manual para cualquier mantenimiento o service que pueda ser ejecutado por el usuario. Siga estas instrucciones y asegúrese que la unidad esté desenchufada antes de comenzar cualquier trabajo de service. Si la unidad está conectada a un tablero, asegúrese el interruptor este en la posición "apagado".

Terminales eléctricas y componentes encendidos pueden ocasionar peligrosas descargas eléctricas a personal no entrenado y no atender estas advertencias podría provocar serios y fatales daños.

Salvo que las instrucciones apropiadas estén provistas en este manual, dirigirse para trabajos de service a nuestras oficinas. No remueva paneles de acceso o toque componentes internos salvo que este manual provea las instrucciones necesarias, puesto que hay partes que pueden ser peligrosos para personal no preparado.

## MECANICAS

Todas las piezas o estructuras de soporte de este equipo deberían ser operadas con cuidado y rutinariamente inspeccionado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante especificadas en este manual. Cualquier golpe podría dañar este equipo o quemar componentes. Inusuales ruidos o dificultad en la operación deberían ser reportados nuestro departamento de service. Las acciones rápidas previenen daños a pacientes o personal operativo.

## MANIPULEO DE LA RADIACION

Si bien este equipo no genera ninguna radiación peligrosa, este está diseñado para ser usado con materiales radiactivos. Cuando use fuentes radiactivas, debería siempre utilizar técnicas de manipuleo seguras y apropiadas.

## REPORTE DE INCIDENTES

Llame a nuestra oficina de service inmediatamente para reportar cualquier accidente o daño al paciente o su personal que haya ocurrido usando nuestro equipo. Si un accidente ocurre, deje el equipo sin uso hasta que una investigación autorizada pueda hacerse y pueda determinarse tanto la causa del incidente y el estado de la unidad. Esta rápida acción prevendrá posibles daños futuros.

## **CALIBRADOR DE DOSIS (ACTIVÍMETRO)**

Está conformado por:

Gabinete (unidad de control y lectura)  
Cámara de ionización  
Porta jeringas  
Fuente de alimentación externa 9vdc  
Manual de operaciones  
Cable de conexión de la cámara de ionización  
Cable de conexión a PC (opcional)

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DE CONTROLES**

Teclas de selección automáticas para la medición de los siguientes radionucleidos:  $Tc_{99}$ ,  $I_{131}$ ,  $Tl_{201}$ , y  $Ga_{67}$ .

Teclado numérico para el ingreso manual de otro radioisótopo.

Tecla de Menú que permite seleccionar los distintos ajustes:

- Reloj
- Imprimir
- Monitoreo
- Fondo
- Calibración: Factores por medición o a través del ingreso manual, Impresión y Ajustes de fábrica

Tecla de Fondo, realiza la medición de fondo que luego será restado a las mediciones siguientes (valores mayores a  $10 \mu Ci$ ).

La lectura se realiza directamente en la pantalla de LCD.

Tiempo máximo de medición: menor o igual a 2 seg. para actividades  $\geq 300 \mu Ci$ .

En el panel trasero se encuentra:

Interruptor de encendido  
Conector de la fuente de alimentación  
Conector de conexión a la cámara de ionización  
Conector de salida a PC o Impresora

El equipo se entrega con certificado de calibración CNEA.

## INSTALACION

Instale el activímetro en un área protegida de radiaciones para que la radiación de fondo sea baja y constante.

Conecte siempre el terminal de tierra, nunca utilice adaptadores de 3 a 2 polos.

Conectar la cámara de ionización al gabinete mediante el cable provisto, ajustando el conector mediante los tornillos, esto último asegurará la continuidad de la conexión de tierra.

Conectar la fuente de alimentación externa al equipo.

## ENCENDIDO

Cuando se enciende el equipo, junto con una señal sonora, la pantalla indicará:

Activímetro 1.1  
Gammasys © 2006  
Estabilizando...../

Luego de aproximadamente 2 minutos, se podrá ver en la pantalla:

Fecha	Hora
Fondo=	mCi
Factor=	
Iso=	Estado=L

Si en la cámara no hay ningún isótopo o menos de 10  $\mu\text{Ci}$ , en el ítem fondo aparecerá la indicación "Baja Dosis"

Luego de encenderlo deje que se estabilice por el lapso de 30 minutos antes de realizar la primera medición.

## FUNDAMENTOS DEL MEDIDOR

### General

La definición de actividad, el principio básico del calibrador y el estudio detallado sobre la calibración están presentados en esta sección.

### Definición de Actividad

La actividad  $A$ , de una cierta cantidad de un radionucleido, es el cociente entre  $dN$  y  $dt$ , donde  $dN$  es el número transformaciones nucleares espontáneas que ocurren en el intervalo de tiempo  $dt$ .

$$A: \frac{dN}{dt}$$

La unidad especial de actividad es Curie (Ci).

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ DPS} \quad (\text{exactamente})$$

### Notas:

El término transformación nuclear utilizado para designar un cambio de nucleido o una transición isomérica.

DPS: significa desintegraciones por segundo.

La unidad de actividad en el SI (Sistema Internacional de Unidades) es la recíproca del segundo ( $S^{-1}$ ) y se llama el Becquerel (Bq), por ejemplo:

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ Transformación Nuclear por segundo.}$$

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

### Tipos de Transformaciones

- 1) Decaimiento alfa: El núcleo emite un núcleo de helio (partícula- alfa).
- 2) Captura de electrones (decaimiento  $-\epsilon$ ): El núcleo captura una de sus propios electrones orbitales, usualmente desde el nivel K y emite un neutrino.
- 3) Decaimiento  $\beta^-$ : El núcleo emite un electrón (partícula  $\beta^-$ ) y un neutrino.
- 4) Decaimiento  $\beta^+$ : El núcleo emite un positrón (partícula  $\beta^+$ ) y un neutrino.
- 5) Transición nuclear: Un electrón, un positrón o una pareja electrón-positrón es emitido por un núcleo en transición de un nivel alto a uno más bajo.
- 6) Ninguna transformación de energía ocurre (por ejemplo ningún cambio en el número atómico ni en el número de masa). La desexcitación de un núcleo inestable está, de todas formas, incluido en la definición de actividad.

### Medición de Actividad

Una transformación nuclear está siempre asociada con uno o más de los siguientes tipos de radiación:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\nu$  y fotones. Por eso podemos medir actividad al detectar una o más de las radiaciones arriba mencionadas.

## Radiación Alfa

Es un tipo de radiación poco penetrante que puede ser detenida por una simple hoja de papel. Rutherford sugirió que los rayos alfa son iones de átomos de Helio ( $\text{He}^{2+}$ ) moviéndose rápidamente y en 1909 lo demostró experimentalmente.

Este tipo de radiación la emiten núcleos de elementos pesados situados al final de la tabla periódica ( $A > 100$ ). Estos núcleos tienen muchos protones y la repulsión eléctrica es muy fuerte, por lo que tienden a obtener  $N$  aproximadamente igual a  $Z$  y para ello emite una partícula alfa. En el proceso se desprende mucha energía que se convierte en la energía cinética de la partícula alfa, es decir que estas partículas salen con velocidades muy altas.

En el proceso un núcleo cualquiera de número másico  $A$  y número atómico  $Z$ , se convierte en otro núcleo  $Y$  con número másico  $A-4$  y número atómico  $Z-2$ , y se emite una partícula alfa.



Como ejemplo tendríamos las siguientes desintegraciones:



## Radiación Beta

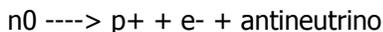
Su poder de penetración es mayor que las alfa. Son frenadas por metros de aire, una lámina de aluminio o unos cm. de agua. Existen tres tipos de radiación beta:

Radiación Beta-  
Radiación Beta+  
Captura Electrónica

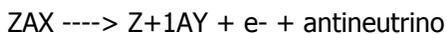
### Radiación Beta-

Aparece para cualquier tipo de núcleo, pero es típica de núcleos con exceso de neutrones, es decir  $N > Z$ . Es un mecanismo usado por los núcleos para llegar a la línea de estabilidad ( $N$  aproximadamente igual  $Z$ )

La Radiación Beta- consiste en la emisión espontánea de electrones por parte de los núcleos, pero en el núcleo sólo hay protones y neutrones, ¿cómo puede emitir electrones? En 1934 Fermi explicó esta radiación suponiendo que en la desintegración beta menos, un neutrón se transforma en un protón, un electrón y un antineutrino mediante la reacción:



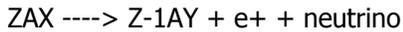
La emisión beta menos da como resultado otro núcleo distinto con un protón más, la reacción sería:



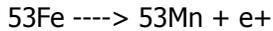
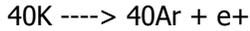
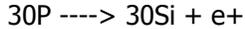
### Radiación Beta+

Mediante este mecanismo un núcleo emite espontáneamente positrones,  $e^+$ , antipartículas del electrón de igual masa pero con carga eléctrica opuesta.

Lo que ocurre es que un protón del núcleo se desintegra dando lugar a un neutrón, un positrón o partícula Beta+ y un neutrino. Así el núcleo se desprende de los protones que le sobran y se acerca a la línea de estabilidad  $N = Z$ . Por ello se da en núcleos con exceso de protones. La reacción sería:

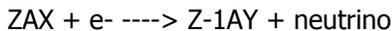
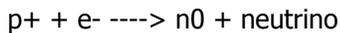


Algunos ejemplos son:



### Captura Electrónica

Se da en núcleos con exceso de protones. El núcleo captura un electrón de la corteza electrónica, que se unirá a un protón del núcleo para dar un neutrón.



### Fotón

El fotón (del griego  $\phi\omega\varsigma$ , luz) es la partícula mediadora de la interacción electromagnética y la expresión cuántica de la luz. Los fotones son partículas fundamentales, componente de todas las manifestaciones de radiación electromagnética. Se clasifican de acuerdo a su método de producción en:

### Rayos X

La denominación rayos X designa a una radiación descubierta por Wilhelm Röntgen a finales del s. XIX, invisible, capaz de atravesar cuerpos opacos y de impresionar las películas fotográficas. El ancho de banda está entre los 10 a 0,1 nanómetros, correspondiendo a frecuencias en el rango de 30 a 3.000 PHz.

Tal radiación es una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, las microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta y los rayos gamma. La diferencia fundamental con los rayos gamma es su origen: los rayos gamma son radiaciones de origen nuclear que se producen por la desexcitación de un núcleo de un nivel excitado a otro de menor energía y en la desintegración de isótopos radiactivos, mientras que los rayos X surgen de fenómenos extranucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por frenamiento de electrones. La energía de los rayos X en general se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente.

### Radiación Gamma

La radiación gamma ( $\gamma$ ) es un tipo de radiación electromagnética producida generalmente por elementos radiactivos, procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón.

Debido a las altas energías que poseen, los rayos gamma constituyen un tipo de radiación ionizante capaz de penetrar en la materia más profundamente que la radiación alfa o beta. Dada su alta energía pueden causar grave daño al núcleo de las células.

La energía de este tipo de radiación se mide en megaelectronvoltios (MeV).

Los rayos gamma se producen en la desexcitación de un núcleo de un nivel excitado a otro de menor energía y en la desintegración de isótopos radiactivos. Los rayos gamma se diferencian de los rayos X en su origen, debido a que estos últimos se producen a nivel extranuclear, por fenómenos de frenamiento electrónico.

## Bremsstrahlung

Cuando electrones acelerados son forzados a frenarse en un medio aparece un espectro continuo de fotones. A este efecto también se lo conoce como "radiación de frenado".

## Interacción de los fotones con la materia

Los tres mecanismos de interacción con la materia son: el efecto fotoeléctrico, el efecto Compton y la producción de pares. Estos mecanismos se describen a continuación.

- a) El efecto fotoeléctrico consiste en que el fotón se encuentra con un electrón del material y le transfiere toda su energía, desapareciendo el fotón original. El electrón secundario adquiere toda la energía del fotón en forma de energía cinética y es suficiente para desligarlo de su átomo y convertirlo en proyectil. Se frena éste por ionización y excitación del material.
- b) En el efecto Compton el fotón choca con un electrón como si fuera un choque entre dos esferas elásticas. El electrón secundario adquiere sólo parte de la energía del fotón y el resto se la lleva otro fotón de menor energía y desviado.
- c) Cuando un fotón energético se acerca al campo eléctrico intenso de un núcleo puede suceder la producción de pares. En este caso el fotón se transforma en un par electrón-positrón. Como la suma de las masas del par es 1.02 MeV, no puede suceder si la energía del fotón es menor que esta cantidad. Si la energía del fotón original es mayor que 1.02 MeV, el excedente se lo reparten el electrón y el positrón como energía cinética, pudiendo ionizar el material. El positrón al final de su trayecto forma un positronio y luego se aniquila produciéndose dos fotones de aniquilación, de 0.51 MeV cada uno.

Cada uno de los efectos predomina a diferentes energías de los fotones. A bajas energías (rayos X) predomina el fotoeléctrico; a energías medianas (alrededor de 1 MeV), el Compton; a energías mayores, la producción de pares.

## Proceso de Medición en una Cámara de Ionización

Una cámara de ionización consiste en dos o más electrodos. Los electrodos rodean a un volumen de gas y recogen la carga (iones) producidos por la radiación que incide en el volumen. En función de esto, la cámara de ionización realiza la medición comparando el efecto de ionización producido por el campo de radiación.

La radiación entra a la cámara a través de las paredes e interactúa con el gas y/o con las mismas paredes. Es importante destacar esto porque los fotones no pueden producir ionización directamente, deben interactuar primero con los materiales de la cámara para producir electrones. Esto se debe a que, después de una serie de interacciones, el fotón transfiere su energía a uno o más electrones.

El electrón disminuye su velocidad a través de las colisiones con la cámara de gas (Argón), las colisiones extraen los electrones de las moléculas produciendo iones positivos, a esto se lo denomina proceso de ionización.

La recolección de voltaje a través de la cámara, genera una corriente, que es medida por el circuito electrónico. El número de iones producido en la cámara, está vinculado directamente con la energía depositada en la cámara por la radiación, y permite de esta manera obtener una lectura de la actividad del radioisótopo de muestra.

## **FUNCIONES DEL TECLADO**

### **MENÚ**

Permite entrar en el modo de selección de ajustes

### **ADELANTE ATRÁS**

Permite cambiar el menú actual, abrir un submenú o ejecuta el comando

### **ACEPTAR**

Acepta los cambios introducidos en los ajustes de los respectivos menús

### **PARAR/SELEC.**

Suspende el ingreso de un valor para una medición, permite la selección manual de un isótopo, etc.

### **FONDO**

Realiza una medición de fondo, que luego se restara en las mediciones

### **REPETIR**

Repite la medición diez (10) veces y muestra el promedio

### **MEDIR**

Inicia la medición

### **UNIDAD**

Permite cambiar la unidad, entre Curie y Becquerel

### **MANUAL**

Permite ingresar en forma manual el factor de un determinado isótopo

## **Teclas de selección automáticas**

### **TC99**

Se utiliza para la medición de Tecnecio 99, el factor de calibración está preajustado

### **I131**

Se utiliza para la medición de Iodo 131, el factor de calibración está preajustado

### **TL201**

Se utiliza para la medición de Talio 201, el factor de calibración está preajustado

### **GA67**

Se utiliza para la medición de Galio 67, el factor de calibración está preajustado

## **Teclado Numérico y Tecla Manual**

Se lo utiliza para el ingreso de los distintos ajustes requeridos y para la selección manual de los radioisótopos, cuya tabla se adjunta al final.

## MODOS DE OPERACIÓN

Existen distintas formas de obtener una medición.

### 1. Selección automática de isótopos (solo para Tc99, I131, TI201, Ga67):

Una vez colocada la muestra correspondiente a alguno de estos isótopos

- I. Presionar la tecla correspondiente a la muestra
- II. Presionar la tecla MEDIR

### 2. Selección manual del isótopo

Una vez colocada la muestra en la cámara

- I. Presionar la tecla PARAR/SELEC.
- II. En la pantalla parpadeará el ítem ISO=#
- III. Mediante el teclado numérico ingresar el número correspondiente al isótopo (ver tabla adjunta)
- IV. Presionar la tecla MEDIR

## OPCIONES DEL MENÚ

Tecla MENÚ, entra en el modo de los distintos ajustes del activímetro

Teclas ADELANTE y ATRÁS permite navegar por las distintas opciones de ajustes

Tecla ACEPTAR, permite entrar en el menú seleccionado o guarda los cambios realizados y salir

Tecla PARAR/SELEC., se suspenden los cambios y se sale del menú seleccionado

### 1- Reloj

Puesta en fecha y hora del activímetro

Mediante el teclado numérico ingresar;

Día: 01~31

Mes: 01~12

Año: 00~99

Hora: 00~23

Minutos: 00~59

Presionar ACEPTAR para guardar los cambios, poner en 0 el segundero y salir de esta opción del menú

### 2- Imprimir

Al seleccionar esta opción del menú, se pueden imprimir los resultados de las mediciones

- I. Mediante las teclas ADELANTE, ATRÁS, 0 o 1 se cambia en entre las opciones SI y NO
- II. ACEPTAR, guarda los cambios y sale
- III. PARAR/SELEC. o MENÚ, se sale sin guardar los cambios

### 3- Monitoreo

Se utiliza para realizar un monitoreo automático de la actividad de una fuente, los resultados se muestran en la pantalla.

En el caso que el activímetro estuviera conectado a una computadora a través del cable serial (opcional), podría realizarse un registro de las mediciones obtenidas

Una vez ingresado en este menú se puede seleccionar el tiempo entre mediciones: Tiempo= 01~99 minutos  
ACEPTAR, guarda los cambios y comienza el monitoreo

El monitoreo se detiene al presionar PARA/SELEC.

### 4- Fondo

Muestra el fondo a restar (Tara) a las mediciones que se realicen

La tecla UNIDAD, permite cambiar la unidad en la que se indica el fondo

La tecla 0 (cero), pone el fondo a cero

La tecla ACEPTAR, permite ingresar manualmente el valor del fondo

La tecla PARAR/SELEC, sale del menú de fondo

### 5- Calibración

Esta opción del menú permite realizar los ajustes de calibración de factores mediante dos modos:

- I. Calibración Factores: calibra el factor correspondiente al isótopo a través de la medición de una muestra patrón
- II. Ajuste Manual: Ingreso manual del factor de calibración

Además, existen otras dos opciones:

- III. Impresión: Imprime la lista de factores
- IV. Ajuste Fábrica: Mediante el ingreso de una clave (que posee el fabricante) se pueden realizar ajustes al equipo

#### I. Calibración Factores

Al ingresar en esta opción del menú se puede calibrar el factor de un radioisótopo:

- a) Ingresar el tipo de isótopo, se puede realizar de distintas formas:
  - Selección automática: Utilizando las teclas para Tc99, I131, TI201, Ga67
  - Selección manual: Mediante la tecla PARAR/SELEC que permite seleccionar el isótopo por su número  
Mediante las teclas ADELANTE o ATRÁS que avanza en el número de isótopo

Si se desea cancelar, presionar la tecla MENÚ

- b) Presionar la Tecla MEDIR, para iniciar la calibración.
  - Pide el ingreso del valor patrón en mCi "Patrón: xxxx.xxx mCi"
  - Presionar ACEPTAR, comienza a medir con repetición.
  - Al finalizar muestra el nuevo factor y ajusta la medición según el nuevo factor

#### II. Ajuste Manual

Al ingresar en esta opción del menú se puede editar el factor de un radioisótopo en forma manual

- a) Ingresar el tipo de isótopo, se puede realizar de distintas formas:
  - Selección automática: Utilizando las teclas para Tc99, I131, TI201, Ga67
  - Selección manual: Mediante la tecla PARAR/SELEC que permite seleccionar el isótopo por su número  
Mediante las teclas ADELANTE o ATRÁS que avanza en el número de isótopo

Si se desea cancelar, presionar la tecla MENÚ

- b) Presionar la tecla ACEPTAR, que permite editar el factor entre 0 y 59999  
No requiere presionar nuevamente la tecla ACEPTAR para que guarde los cambios

#### III. Impresión

Imprime la lista de factores.

Durante la impresión la pantalla muestra la indicación "IMPRIMIENDO..."

#### IV. Ajuste Fábrica

Permite modificar determinados ítems, solo se puede acceder a esta opción mediante una clave.

## TABLA DE FACTORES

En la memoria del equipo se encuentran predefinidos 32 factores para los isótopos más comunes y uno para el ingreso manual. Además existen otras 66 direcciones de memoria para ser utilizados por el usuario.

Número	Isótopo	Factor*
00	MANUAL	10000
01	TC99	10000
02	I131	10000
03	TL201	10000
04	GA67	10000
05	IN111	10000
06	I123	10000
07	I125	10000
08	C057	10000
09	C060	10000
10	CS137	10000
11	CU61	10000
12	CU64	10000
13	CU67	10000
14	F18	10000
15	Fe59	10000
16	Gd153	10000
17	I122	10000
18	I124	10000
19	IN115	10000
20	MN52	10000
21	Cr51	10000
22	Cs131	10000
23	H3	10000
24	Mo99	10000
25	N13	10000
26	O15	10000
27	P32	10000
28	P33	10000
29	Pb203	10000
30	Ra223	10000
31	Ra226	10000
32	Re186	10000
33	Re188	10000

\*Nota: Factores por defecto de fábrica (sin calibrar)

## ESPECIFICACIONES

Alimentación externa de 220v (seguro con sello CE)  
Posibilidades de conexión a PC o impresora (cable opcional)

Cámara de ionización presurizada con Argón

Unidad de comando separada de la cámara de ionización

100 posiciones de memoria para la selección de isótopos:

· 32 definidas en fábrica

· 66 libres para definir por el usuario

Función de Autoapagado

Linealidad en función de la actividad: +/- 10%

Precisión: +/- 5%

Exactitud: +/- 10%

Fondo: < 10  $\mu$ Ci

Rango de Energía: 25 Kev a 2 Mev

Rango de Medición: 1 a 1000 mCi

Tiempo de respuesta a la medición:  $\leq$  2 seg. para actividades mayores a 300  $\mu$ Ci

Rango de temperaturas 10°C a 35°C: Estabilidad mejor que el 2%

Normativa Aplicable: "Quality Control of Nuclear Medicine Instruments" IAEA-TECDOC-602/S

El equipo se entrega con certificado de calibración CNEA.