

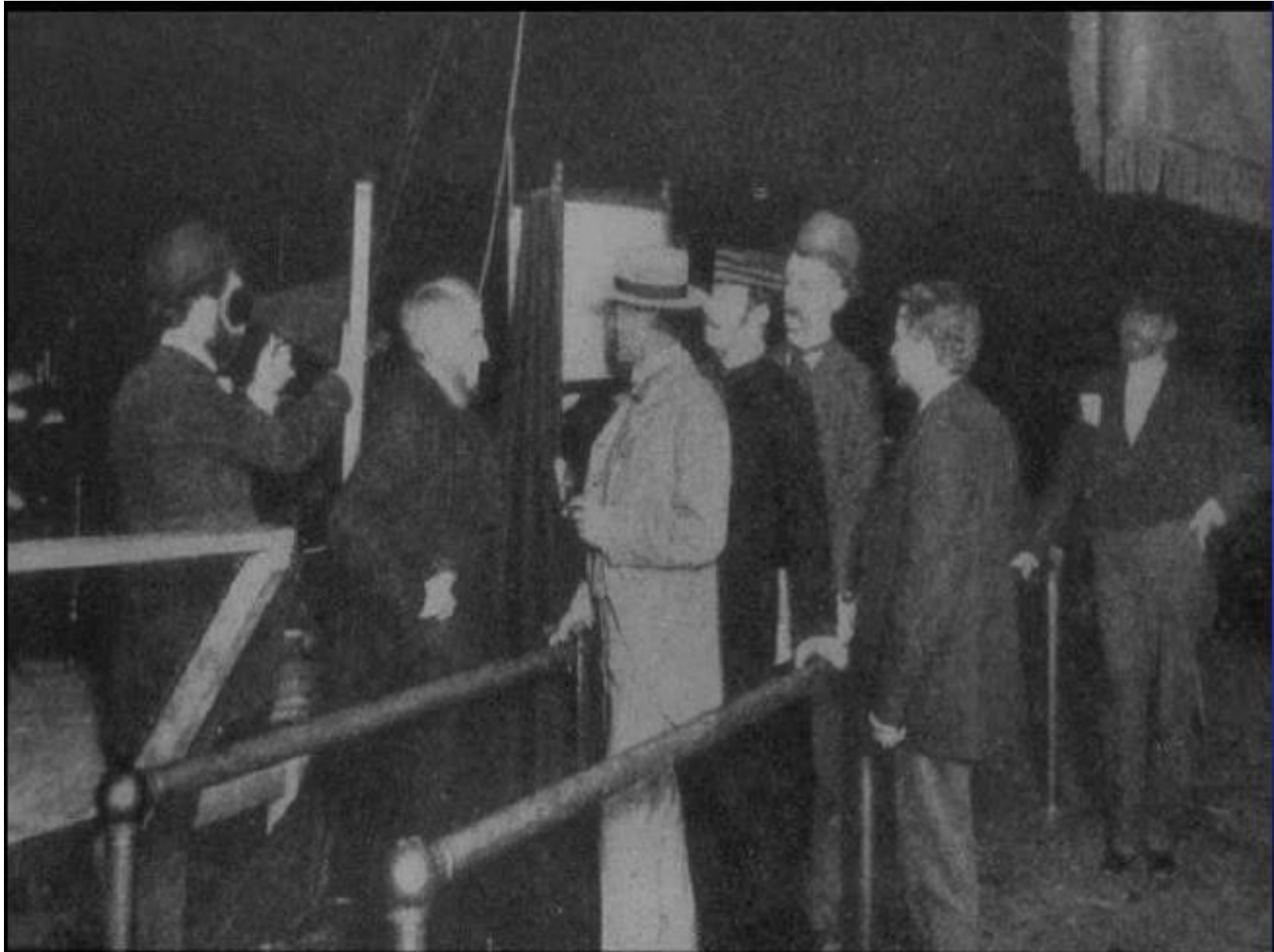
# Curso de Radioterapia Intraoperatoria

## **Necesidades de quirófano y radioprotección**

Martí Lacruz Bassols

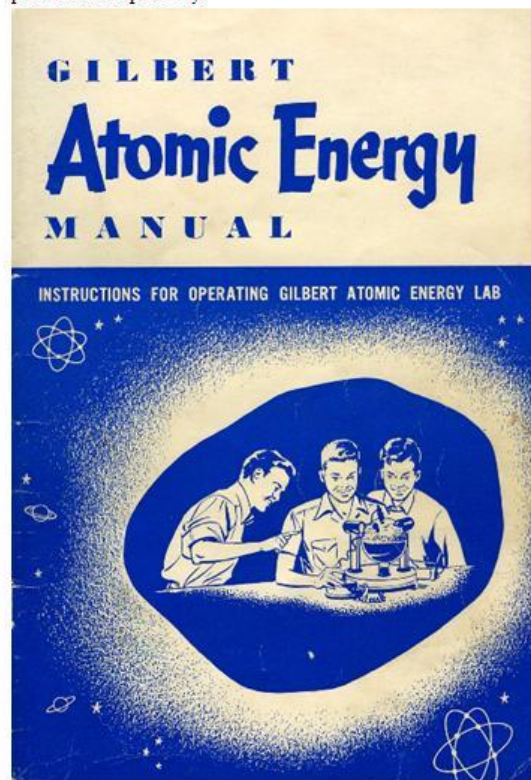
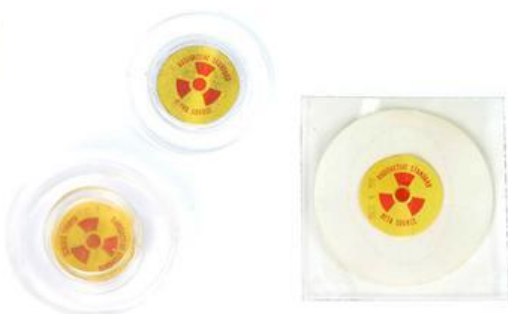
*Hospital del Mar*

*Jefe del Servicio de Protección Radiológica*



The set came with four types of uranium ore, a beta-alpha source (Pb-210), a pure beta source (Ru-106), a gamma source (Zn-65?), a spinthariscopes, a cloud chamber with its own short-lived alpha source (Po-210), an electroscope, a geiger counter, a manual, a comic book (**Dagwood Splits the Atom**) and a government manual "Prospecting for Uranium."

Other Gilbert sets (e.g., the No. 11 Atomic Energy set) continued to carry the spinthariscopes, the ore and the manual. In addition, the **Geiger counter** could be purchased separately.



**RADIOACTIVE SOURCE REPLACEMENT**

The radioactive sources in your Gilbert Atomic Energy Lab will, in a period ranging from 1 to 50 years, deteriorate with time. Therefore, when replacement of your Alpha, Beta, Gamma or Cloud Chamber sources is required (see inside back cover of this manual) fill in the coupon below and send it to The A. C. Gilbert Company. You will be notified as to cost and mailing.

**IMPORTANT!**

NO REQUEST FOR RADIOACTIVE SOURCE REPLACEMENT CAN BE HONORED BY THE A. C. GILBERT COMPANY UNLESS IT IS ACCOMPANIED BY THE COUPON BELOW. KEEP THIS SHEET IN A SAFE PLACE, PREFERABLY WITH THE MANUAL OR WITH THE ATOMIC ENERGY LAB ITSELF.

..... clip along dotted line .....

The A. C. Gilbert Company  
Erector Square  
New Haven 6, Conn.

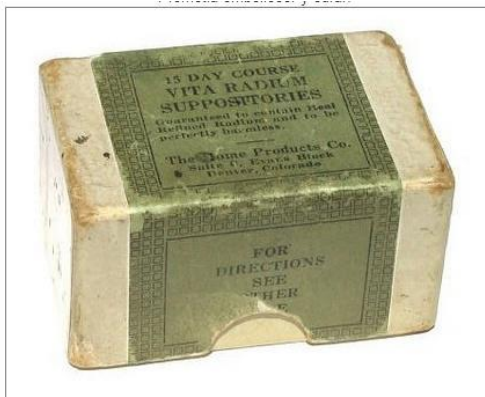
Gentlemen: I need replacements for the following radioactive sources, (check which): ALPHA   
BETA  GAMMA  CLOUD CHAMBER   
SOURCE   
Please notify me as to cost and date of mailing.

NAME \_\_\_\_\_  
(please print)

STREET \_\_\_\_\_

CITY \_\_\_\_\_ ZONE \_\_\_\_\_ STATE \_\_\_\_\_





### VITA RADIUM SUPPOSITORIES



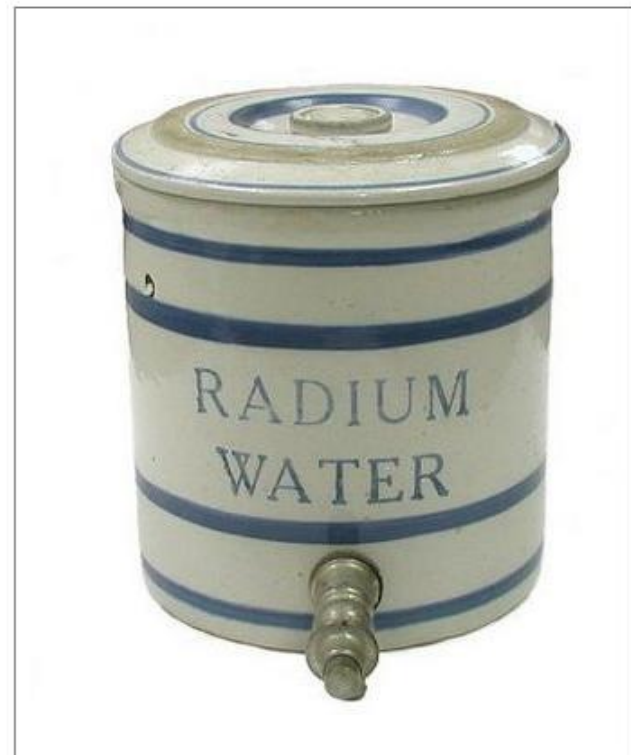
Actual Size of Suppository

**O**UR VITA RADIUM SUPPOSITORIES (HIGH STRENGTH) are one of the outstanding triumphs of Radium Science. These Suppositories are guaranteed to contain REAL RADIUM—in the exact amount for most beneficial effect. They are inserted per rectum, one each night, this being one of the several practical and successful ways of introducing Radium into the system.

After insertion, the Suppository quickly dissolves and the Radium is absorbed by the walls of the colon; then, within a few minutes, it enters the blood stream and traverses the entire body. Every tissue, every organ of the body is bombarded by its health-giving electric atoms. Thus the use of these Suppositories has an effect on the human body like recharging has on an electric battery.

And remember, Radium taken into the system remains for months, continuing its curative, restorative work. Thus, the effects are NOT merely temporary.

VITA RADIUM SUPPOSITORIES are guaranteed to be non-injurious—they are perfectly safe for anyone to use. Their action is due solely to the Radium contained therein.





## CERTIFICATE

SHOE-FITTING TEST DATA FOR \_\_\_\_\_

1. ANKLE ROLL    GOOD     FAIR     POOR

2. WEIGHT DISTRIBUTION

40%  
60%

RIGHT WAY

WEIGHT DISTRIBUTION TEST

70%  
30%

WRONG WAY

LEFT                      RIGHT

\_\_\_\_% BALL              \_\_\_\_%

\_\_\_\_% OUTER            \_\_\_\_%

\_\_\_\_% HEEL              \_\_\_\_%

3. X-RAY FITTING TEST

RIGHT WAY

X-RAY TEST

WRONG WAY

LEFT                      RIGHT

GOOD                     

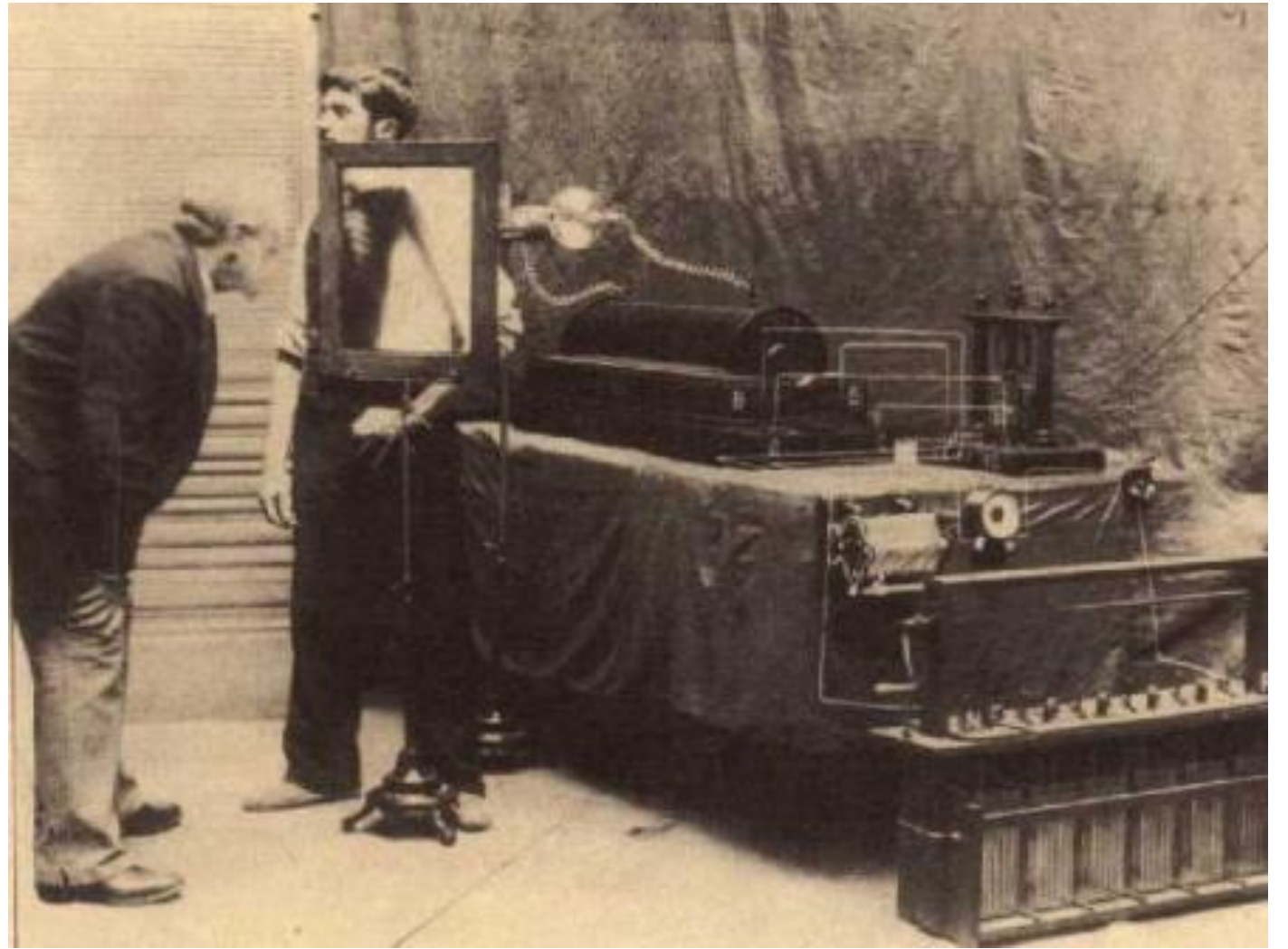
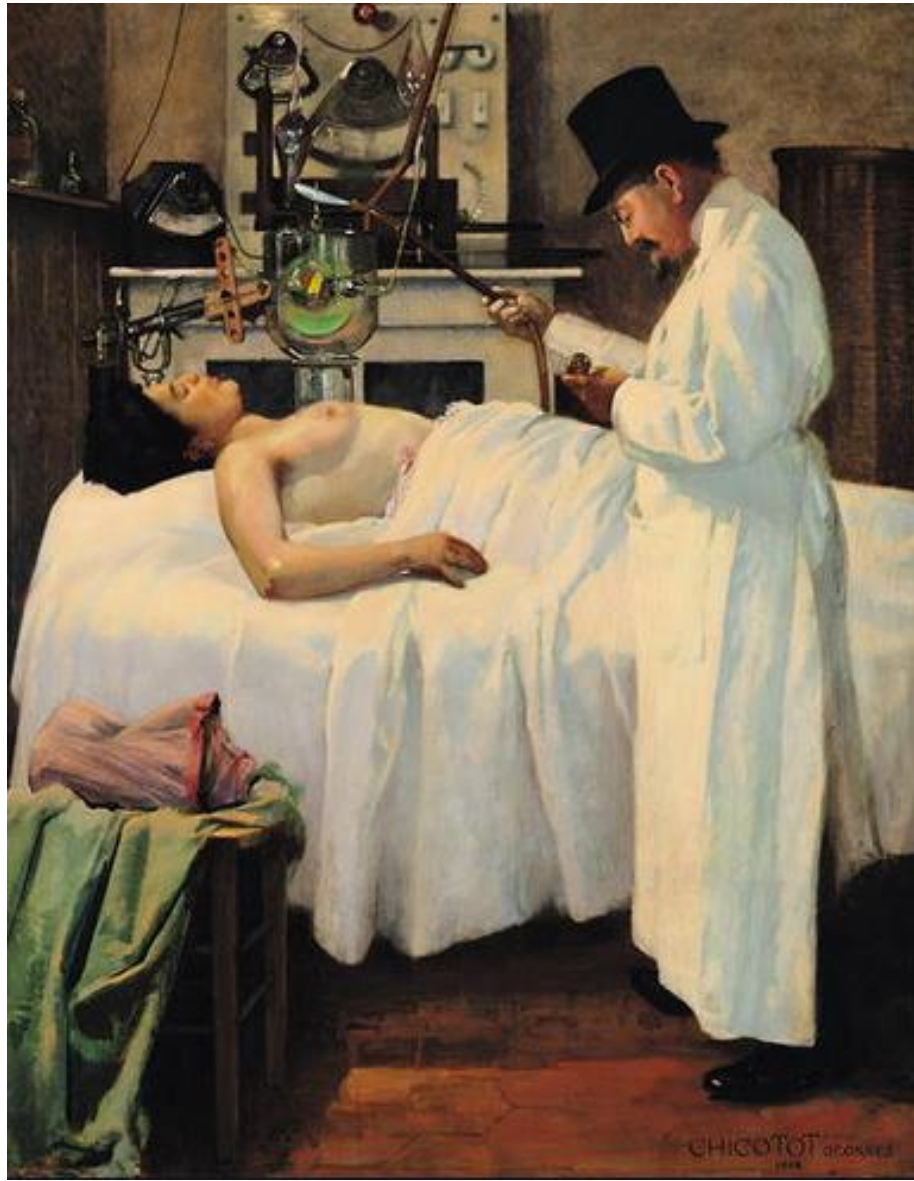
FAIR                       

POOR                       

**This scientific way of approaching the problem of poorly-fitted shoes eliminates guesswork. Now you can see for yourself!**

## Miss postura perfecta, 1956











$\approx 900 \mu\text{Sv/h}$



aprox  
 $28 \mu\text{Sv/h}$



Atenuación del  
delantal plomado  
 $\approx 2^5$



$\approx 700 \mu\text{Sv/h}$



aprox  
 $22 \mu\text{Sv/h}$





$\approx 900 \mu\text{Sv/h}$



aprox  
 $28 \mu\text{Sv/h}$



$\approx 700 \mu\text{Sv/h}$

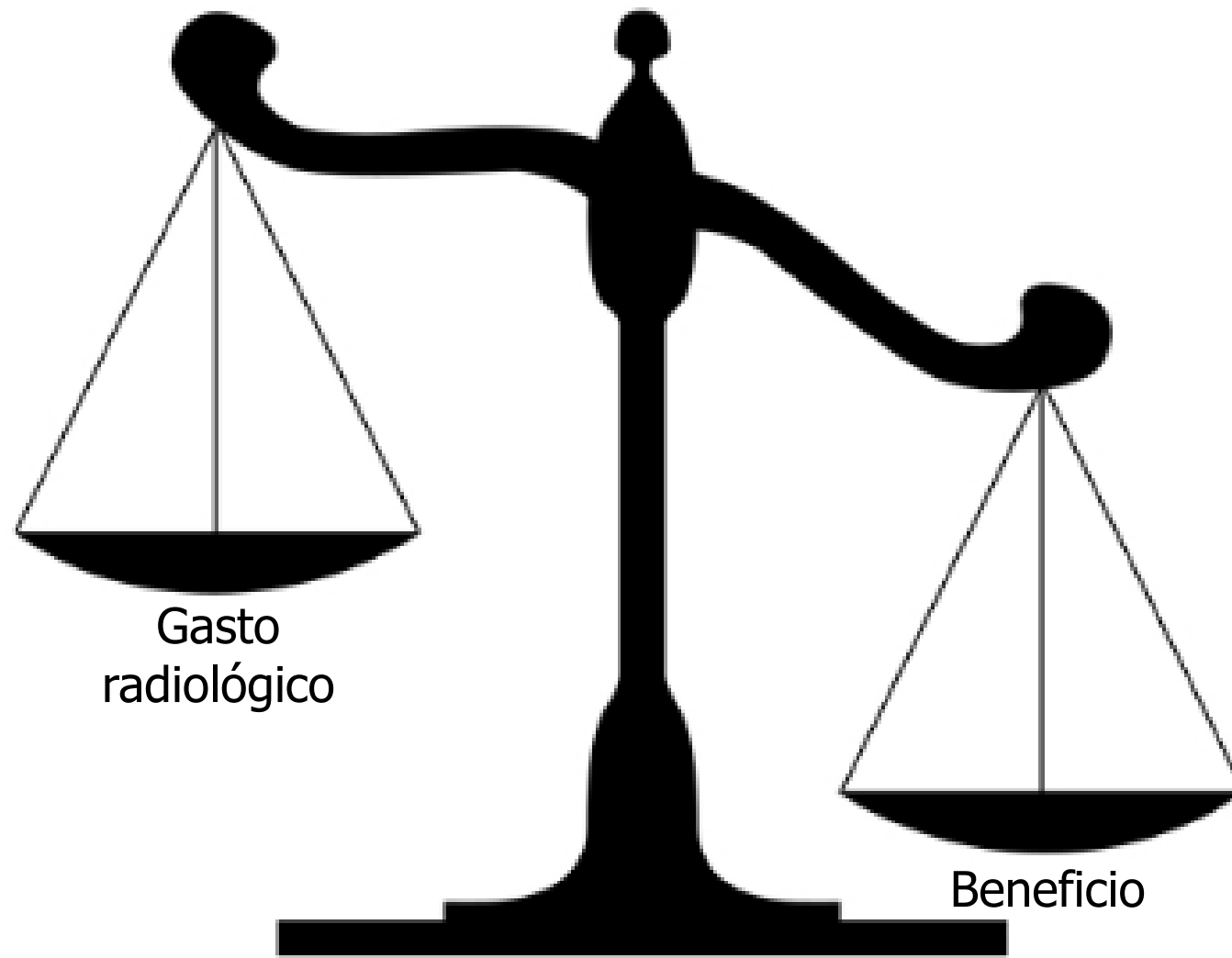


aprox  
 $22 \mu\text{Sv/h}$

**NO HACE FALTA !!**

función del  
ental plomado  
 $\approx 2^5$





Gasto  
radiológico

Beneficio

# CRITERIO A.L.A.R.A

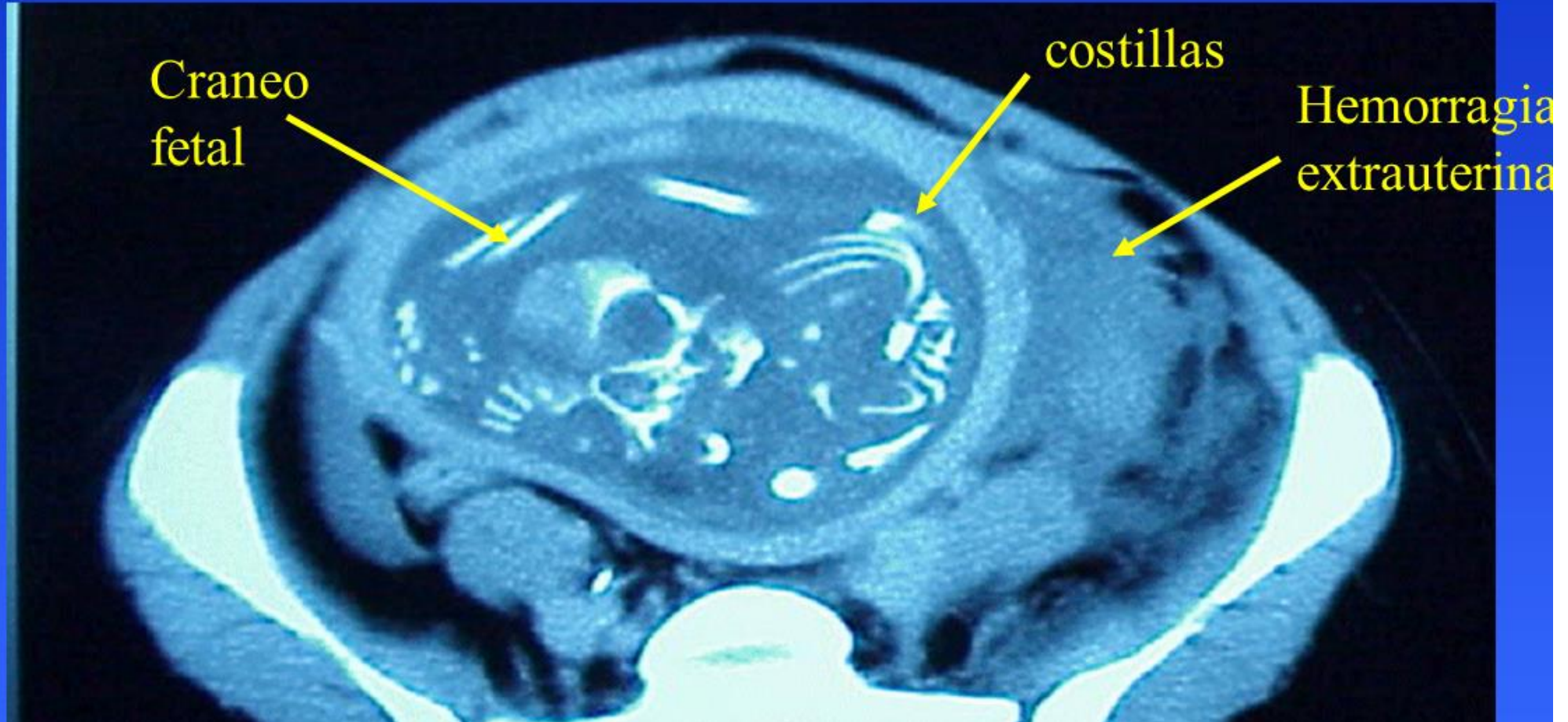
(As Low As *Reasonably* Achievable)



JUSTIFICACIÓN y OPTIMITZACIÓN

# Ejemplo: uso justificado de TAC

## Mujer Gestante, Accidente de Trafico



## La depilación ó caída del pelo

POR LOS  
**RAYOS X**

Con tres ó cuatro sesiones á lo sumo de Rayos X; se consigue la caída definitiva del pelo, indicado en la mujer cuando desea la desaparición del bigote, pelo de la barba, etc.

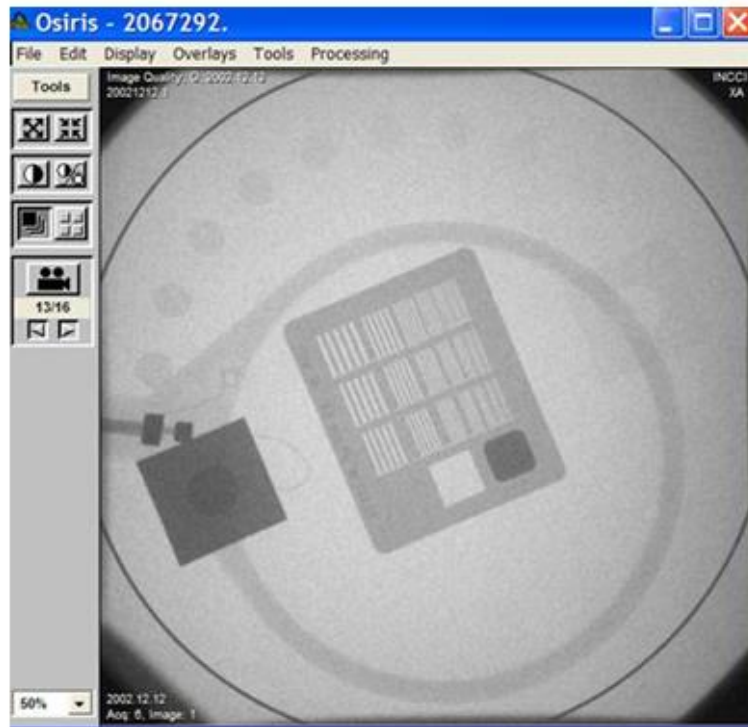
Con una sola sesión se consigue la depilación temporal, indicado en la tiña, síncosis de la barba, etc.

Instalación de Rayos X de la mayor intensidad conocida. Electricidad medical

**J. Fernández, Médico**

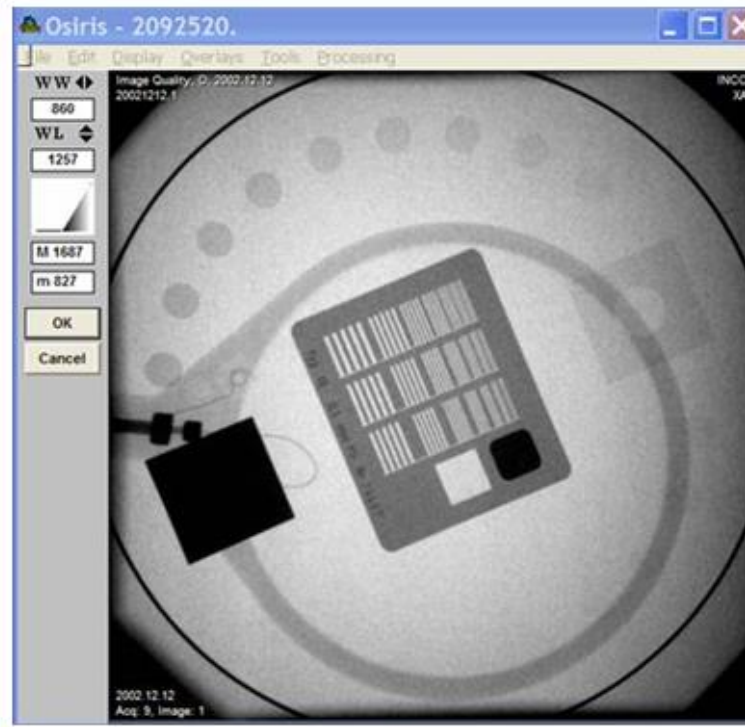
*Jovellanos, 24.—OVIEDO*





Siemens Axiom Artis,  
Fluoro baja dosis  
20 cm PMMA  
13  $\mu\text{Gy}/\text{cuadro}$  (entrada  
PMMA)

↑  
BAJA  
DOSIS



Siemens Axiom Artis  
Cine normal  
20 cm PMMA  
177  $\mu\text{Gy}/\text{cuadro}$  (entrada  
PMMA)

↑  
ALTA  
DOSIS

OPTIMITZACIÓN EN LA TÉCNICA DE RADIOTERAPIA  
INTRAOPERATORIA



PERMANECER FUERA DE LA SALA



VERIFICACIÓN DE LOS BLINDAJES ESTRUCTURALES  
*(Memoria de autoritzación)*



Hospital  
del Mar



Parc  
de Salut  
**MAR**  
Barcelona

Modificación del Servicio de Radioterapia (IRA-3342) del Hospital del  
Mar de Barcelona

---

MEMORIA PARA LA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE  
MODIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN RADIATIVA DE  
RADIOTERAPIA DEL HOSPITAL DEL MAR (IRA-3342-  
IR-B/564), PERTENECIENTE AL:

**CONSORCI MAR PARC DE SALUT DE BARCELONA**

## Modificación del Servicio de Radioterapia (IRA-3342) del Hospital del Mar de Barcelona

### ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 4  |
| II. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA INSTALACIÓN.....                          | 6  |
| II.1 DATOS SOBRE LA ENTIDAD SOLICITANTE .....                           | 6  |
| II.2.EMISORES DE RADIACIÓN AUTORIZADOS EN LA INSTALACIÓN.....           | 7  |
| II.3 DEPENDENCIAS ACTUALES AUTORIZADAS DE LA INSTALACIÓN RADIATIVA..... | 8  |
| II.4. ACTIVIDADES A DESARROLLAR Y CAMPO DE APLICACIÓN .....             | 9  |
| II.5. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO .....                                      | 10 |
| II.6. CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS RADIOLÓGICAS.....                      | 16 |
| II.7. EQUIPOS DE MEDIDA Y CONTROL DE CALIDAD DEL INTRABEAM.....         | 20 |
| II.8. VIGILANCIA DOSIMÉTRICA DEL PERSONAL.....                          | 21 |
| II.9. VIGILANCIA DE LA SALUD DEL PERSONAL.....                          | 22 |
| II.10. SERVICIO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA .....                         | 22 |
| II.11. CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL.....                                  | 22 |
| III. ESTUDIO DE SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN.....                        | 23 |
| III.1. RIESGOS DE RADIACIÓN ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD INTRABEAM.....     | 23 |
| III.2. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD DEL INTRABEAM.....                     | 24 |
| III.3 CÁLCULO DE BLINDAJES ESTRUCTURALES.....                           | 25 |
| IV. VERIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN .....                                | 38 |
| IV.I. VERIFICACIONES PREOPERACIONALES.....                              | 38 |
| IV.II. VERIFICACIONES PERIÓDICAS.....                                   | 39 |
| IV.III. MANTENIMIENTO DE LA UNIDAD.....                                 | 40 |

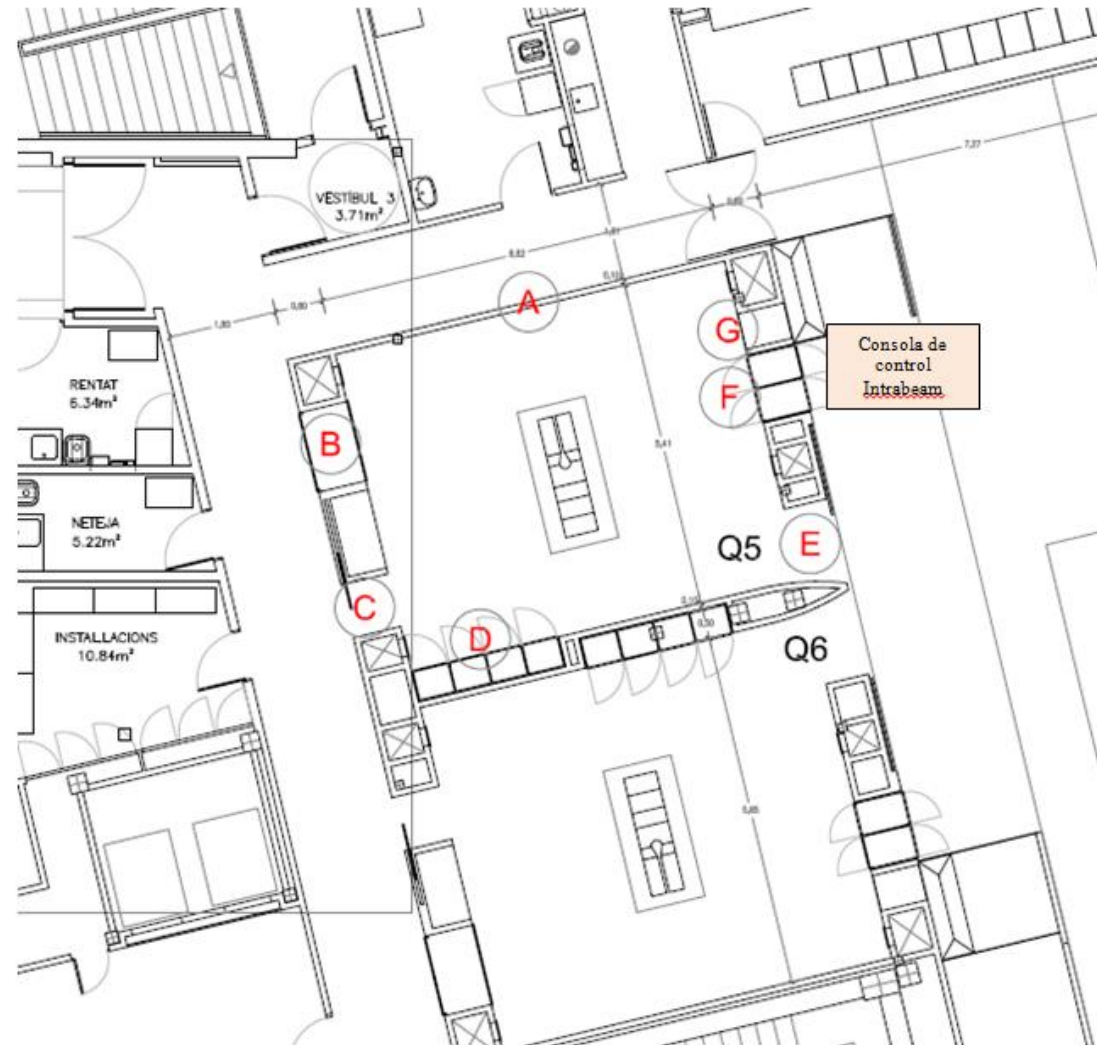


## Modificación del Servicio de Radioterapia (IRA-3342) del Hospital del Mar de Barcelona

|   |    |
|---|----|
| V. REGLAMENTO DE FUNCIONAMIENTO .....                           | 40 |
| V.I. OBJETIVOS.....   | 40 |
| V.II. DOCUMENTACIÓN APLICABLE.....                              | 40 |
| V.III. APLICABILIDAD DEL REGLAMENTO DE FUNCIONAMIENTO.....      | 43 |
| V.IV. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO INTRAOPERATORIO..... | 48 |
| VI. PLAN DE EMERGENCIA INTERIOR .....                           | 50 |
| VI.I PLAN DE EMERGENCIA RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA.....       | 51 |
| VI.II NOTIFICACIONES.....                                       | 52 |
| VII. REVISIONES PARA LA CLAUSURA .....                          | 54 |
| VIII. FORMULARIO DE COSTES .....                                | 55 |

# Estudio de seguridad

Plano: Quirófano nº 5 (Q5)



## Condiciones dosimétricas del tratamiento

|  |  |
|--|--|
| Dosis de prescripción                        | 20 Gy referido a la superficie del aplicador                         |
| Distancia foco-dosis de prescripción         | $D_{FOCO} = 1,75 \text{ cm}$ (aplicador de $\Phi = 3,5 \text{ cm}$ ) |
| Distancia de referencia                      | 1 m  |
| Número de pacientes/semana                   | 2  |
| Carga de trabajo (W) a 1,75 cm               | $W_{1,75 \text{ cm}} = 40000 \text{ mGy/semana}$                     |
| Carga de trabajo (W) a 1 m                   | $W_{100 \text{ cm}} = 12,25 \text{ mGy/semana}$                      |
| Factor de reducción (Radiation Shield, Flat) | 90%  |
| Carga de trabajo semanal final (W) a 1 m     | $W_{100 \text{ cm}} = 1,225 \text{ mGy/semana}$                      |

## Características de las paredes y puertas de los quirófanos

IAEA-nº47 Tabla 18, NCRP 147 Figura A.1.

|          | Pb  | Acero | Hormigón | Madera | Yeso  | Aluminio |
|----------|-----|-------|----------|--------|-------|----------|
| TVL (mm) | 0,2 | 1,6   | 17       | 232,53 | 66,44 | 3,65     |
| HVL (mm) |     |       |          | 70     | 20    | 1,1      |

HVL Al proporcionados por el fabricante (página 12 Dosimetry Intrabeam)

| Equivalencias 50KV/(Guía 5.11) |                                | Equivalencia:          |  |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|--|
| Pb (mm)                        | Ladrillo compacto arcilla (mm) |                        |  |
| 0,6                            | 100                            | ladrillo= 125Pb+25     |  |
| 1,4                            | 200                            | Pb= 0,008*ladrillo-0.2 |  |
| 2,2                            | 300                            |                        |  |

| Densidades (Kg/m <sup>3</sup> )  |  |  |
|----------------------------------|--|--|
| Aluminio = 2700                  |  |  |
| Ladrillo perforado= 800          |  |  |
| Ladrillo compacto arcilla = 1600 |  |  |
| DENSIDAD HPL = 1430              |  |  |
| Cemento ligero= 1600             |  |  |
| Cemento = 2350                   |  |  |
| Poliuretano= 50                  |  |  |
| Acero = 7850                     |  |  |
| Madera C45 (NCRP) = 500          |  |  |

| (mm) Ladrillo           | Equivalente             | Plomo  |
|-------------------------|-------------------------|--------|
| hueco compacto          |                         | 0,040  |
| 60 30                   |                         |        |
| HPL compacto            | Total equivalente Plomo |        |
| 6 5,3625                |                         | 0,0829 |
| Ciment-Formigo compacto | Total equivalente Plomo |        |
| 20 20                   |                         | 0,2    |

Normalmente los quirófanos NO están plomados

Fuente: Guía de Seguridad del CSN nº5.11 "Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico"

| LÍMITS ANUALS DE DOSIS                         |   |   |                    |
|--|---|---|--------------------|
|  | Professionalment exposats<br>Estudiants en pràctiques majors de 18 anys | Estudiants en pràctiques entre 16 i 18 anys | Membres del públic |
| Dosis efectiva de cos sencer                   | 20 mSv/any<br>100 mSv en 5 anys consec.<br>Màx anual 50 mSv             | 6 mSv/any                                   | 1 mSv/any          |
| Dosis equivalent al cristal·lí                 | 150 mSv /any fins 2018<br>A partir 2018 20 mSv/any                      | 50 mSv/any                                  | 15 mSv/any         |
| Dosis equivalent a la pell i a les extremitats | 500 mSv/any   | 150 mSv/any                                 | 50 mSv/any         |

Sistemàtica de càlculo: Report nº 47 de la IAEA Safety Report Series "*Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities*" aplicada a equips de ortovoltage.

*(Debido a la movilidad del estativo y la isotropía del haz primario, se consideraran **primarias todas las paredes**)*

## Modificación del Servicio de Radioterapia (IRA-3342) del Hospital del Mar de Barcelona

**CALCULOS: Nota:** un valor negativo de las capas decaedoras (n) significa que el blindaje existente es suficiente y no es preciso implementar ningún refuerzo adicional:

**PARED PRINCIPAL:** Acceso a sala central / consola de control

| PARED sala central   |        |                   |                             |                   |         |                      |
|--|--------|-------------------|-----------------------------|-------------------|---------|----------------------|
| Grux existent  | 100 mm | ladrillo hueco    | 50                          | mm Equiv. Compact | 0,36    | mm equiv Pb          |
|  | 0 mm   | HPL               | 0                           | mm Equiv. Compact |         |                      |
|  | 20 mm  | ciment-formigó    | 20                          | mm Equiv. Compact |         |                      |
|  | 0 mm   | yeso              |                             |                   |         |                      |
| T=   | 1      |                   |                             |                   |         |                      |
| d=   | 4 m    |                   |                             |                   |         |                      |
| $B_{inicial} total = 10^{Grux\ existent / valor\ de\ TVL}$ |        | 0,016             |                             | $B_{yeso} =$      |         | 1                    |
| $B_{inicial\ ladrillo} =$                                  |        | 0,016             |                             |                   |         |                      |
| $P_{inicial} = B_{inicial} * W * T / d^2 =$                |        | 0,001 mSv/setmana |                             |                   |         |                      |
| $P_{requerida} =$  |        | 0,02 mSv/setmana  |                             |                   |         |                      |
| $B_{necesario} = dosis\ requerida / dosis\ ini$            |        | 16,482            |                             |                   |         |                      |
| $n = -LOG (B) =$   |        | -1,217            | capas decaedoras que faltan |                   |         |                      |
| $mm\ a\ implementar =$                                     |        |                   |                             |                   |         |                      |
| (n · TVL)  |        | mm Pb             | mm acero                    | mm hormig         | mm yeso | mm Al                |
|  |        | 0,00              | 0,0                         | 0,0               | 0,0     | 0,0                  |
|  |        |                   |                             |                   |         | mm Ladrillo compacto |
|  |        |                   |                             |                   |         | 0,0                  |

No se requiere blindaje adicional

**PARED PASILLO (A en plano)**

| PARED pasillo  |        |                   |                             |                   |         |                      |
|--|--------|-------------------|-----------------------------|-------------------|---------|----------------------|
| Grux existent  | 100 mm | ladrillo hueco    | 50                          | mm Equiv. Compact | 0,36    | mm equiv Pb          |
|  | 0 mm   | HPL               | 0                           | mm Equiv. Compact |         |                      |
|  | 20 mm  | ciment-formigó    | 20                          | mm Equiv. Compact |         |                      |
|  | 0 mm   | yeso              |                             |                   |         |                      |
| T=   | 0,2    |                   |                             |                   |         |                      |
| d=   | 2,5 m  |                   |                             |                   |         |                      |
| $B_{inicial} total = 10^{Grux\ existent / valor\ de\ TVL}$ |        | 0,016             |                             | $B_{yeso} =$      |         | 1                    |
| $B_{inicial\ ladrillo} =$                                  |        | 0,016             |                             |                   |         |                      |
| $P_{inicial} = B_{inicial} * W * T / d^2 =$                |        | 0,001 mSv/setmana |                             |                   |         |                      |
| $P_{requerida} =$  |        | 0,02 mSv/setmana  |                             |                   |         |                      |
| $B_{necesario} = dosis\ requerida / dosis\ ini$            |        | 32,192            |                             |                   |         |                      |
| $n = -LOG (B) =$   |        | -1,508            | capas decaedoras que faltan |                   |         |                      |
| $mm\ a\ implementar =$                                     |        |                   |                             |                   |         |                      |
| (n · TVL)  |        | mm Pb             | mm acero                    | mm hormig         | mm yeso | mm Al                |
|  |        | 0,00              | 0,0                         | 0,0               | 0,0     | 0,0                  |
|  |        |                   |                             |                   |         | mm Ladrillo compacto |
|  |        |                   |                             |                   |         | 0,0                  |

# Verificación experimental de los cálculos





# Resultados

Valors mesurats:

| Ubicació del detector              | Punt                 | Factor d'ocupació (T) | Taxa de dosis ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | Dosis anual integrada ( $\mu\text{Sv}$ ) | % respecte límit anual Públic | % respecte límit anual TPE-B | % respecte límit anual TPE-A |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|--|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Porta d'entrada                    | E                    | 1                     | 0,3                                | 3,8                                      | 0,4                           | 0,1                          | <0,1                         |
| 1 m de la porta d'entrada          | E <sub>1m</sub>      | 1                     | 0,15                               | 1,9                                      | 0,2                           | 0                            | <0,1                         |
| Vidre porta d'entrada              | E                    | 1                     | 2,8                                | 35,4                                     | 3,5                           | 0,6                          | 0,2                          |
| 1 m del vidre de la porta          | E <sub>1m</sub>      | 1                     | 0,2                                | 2,5                                      | 0,25                          | 0,1                          | <0,1                         |
| Ubicació consola control           | F                    | 1                     | 0,27                               | 3,4                                      | 0,3                           | 0,1                          | <0,1                         |
| Vidre plomat sobre consola         | F                    | 1                     | 0,2                                | 2,5                                      | 0,25                          | 0,1                          | <0,1                         |
| 1 m del vidre plomat               | F <sub>1m</sub>      | 1                     | 0,1                                | 1,3                                      | 0,1                           | 0,1                          | <0,1                         |
| Vidre rentamans (reforç d'alumini) | G                    | 0,2                   | 0,05                               | 0,1                                      | 0,1                           | <0,1                         | <0,1                         |
| Paret passadís lateral             | A                    | 0,2                   | 0,2                                | 0,5                                      | 0,1                           | <0,1                         | <0,1                         |
| Porta posterior                    | B                    | 0,2                   | No mesurat                         |  |                               |                              |                              |
| Armari posterior                   | C                    | 0,2                   | No mesurat                         |  |                               |                              |                              |
| Quiròfan contigu paret             | D <sub>paret</sub>   | 1                     | 0,12                               | 1,5                                      | 0,2                           | 0,1                          | 0,1                          |
| Quiròfan contigu vitrina           | D <sub>vitrina</sub> | 1                     | 0,25                               | 3,2                                      | 0,3                           | 0,1                          | 0,1                          |
| Dependències superiors             | -                    | 1                     | No mesurat                         |  |                               |                              |                              |
| Dependències inferiors             | -                    | 1                     | No mesurat                         |  |                               |                              |                              |

# Tasas al Consejo de Seguridad Nuclear



Instalación nueva  
**2 %** del presupuesto total



Modificación  
**1 %** del presupuesto total

Modificación del Servicio de Radioterapia (IRA-3342) del  
Hospital del Mar de Barcelona

**Instalación Radiactiva**  
**(Instalación médica de radioterapia)- Área quirúrgica**  
**intraoperatoria**

CATEGORÍA: Segunda: X Tercera:

DENOMINACIÓN: Consorti Mar Parc de Salut de Barcelona

EMPLAZAMIENTO: Passeig Marítim 25-29. Hospital del Mar  
Barcelona 08003

|   |  |                           |                         |
|---|--|---------------------------|-------------------------|
| C.I.F:<br>S0800471E                                 | Titular:<br>CONSORCI MAR PARC DE<br>SALUT de Barcelona | Teléfono:<br>93.248.30.30 |                         |
| Domicilio Social<br><u>Passeig Marítim</u><br>25-29 | Municipio:<br>Barcelona                                | Provincia:<br>Barcelona   | Código Postal:<br>08003 |



**Importe de la obra:**

Coste Real:

- Terrenos o locales ..... 0,00 €
- Equipos o materiales radiactivos ..... 400.000 €
- Aparatos de medida de radiaciones ..... 0,00 €
- Blindajes (acondicionamiento quirófono) ..... 2000 €
- Otros ..... 0,00 €

**TOTAL ...402.000 €....**

# Autorización de modificación



Generalitat de Catalunya  
Departament d'Empresa i Coneixement  
**Direcció General d'Energia, Mines  
i Seguretat Industrial**

IR-B/564 – IRA-3342/03  
1 de 5

## RESOLUCIÓ

**per la qual s'autoritza la modificació (nou equip) de la instal·lació radioactiva, de 2a categoria, IR-B/564 – IRA-3342, del Consorci Mar Parc de Salut de Barcelona, dedicada a radioteràpia**

# Autorización de modificación



Generalitat de Catalunya  
Departament d'Empresa i Coneixement  
**Direcció General d'Energia, Mines  
i Seguretat Industrial**

IR-B/564 – IRA-3342/03  
1 de 5

RESOLUCIÓ

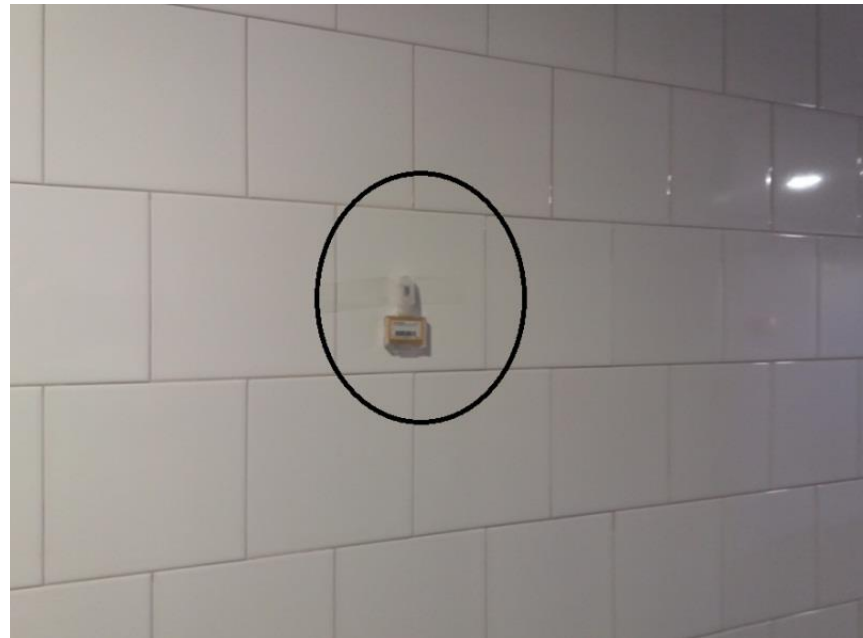
per la qual s'autoritza la modificació (nou equip) de la instal·lació radioactiva, de 2a categoria, – IRA-3342, del Consorci Mar Parc de Salut de Barcelona, dedicada a la radioteràpia

**CONDICIONANTES DE LA AUTORIZACIÓN**





Luz roja emisión  
Seguridad puerta  
Dosimetria àrea en  
puntos distintos



# Inspección “IN SITU”



# Notificación de puesta en marcha



Generalitat de Catalunya  
Departament d'Empresa i Coneixement  
**Direcció General d'Energia, Mines  
i Seguretat Industrial**  
Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives

Consorci Mar Parc de Salut de Barcelona  
Sr. Martí Lacruz Bassols  
Passeig Marítim, 25-29  
08003 Barcelona

(CSN-GC/NOTF/MO-2/IRA-3342/18)

---

Generalitat de Catalunya  
Direcció General d'Energia, Mines  
Seguretat Industrial

---

Número: 0298/3838/2018  
Data: 30/05/2018 09:10:03

---

Registre de sortida

---

**ASSUMPTE:** Notificació de posada en marxa de la modificació de la instal·lació radioactiva IRA-3342, del Consorci Mar Parc de Salut de Barcelona.