



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Metrología y dosimetría de los descendientes del radón

A.Vargas

C. Grossi, V. Moreno, N. Fontova, Ll. Font

*Worshop I+D+i en Radón
Canfranc 11-13 noviembre 2024*



CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR



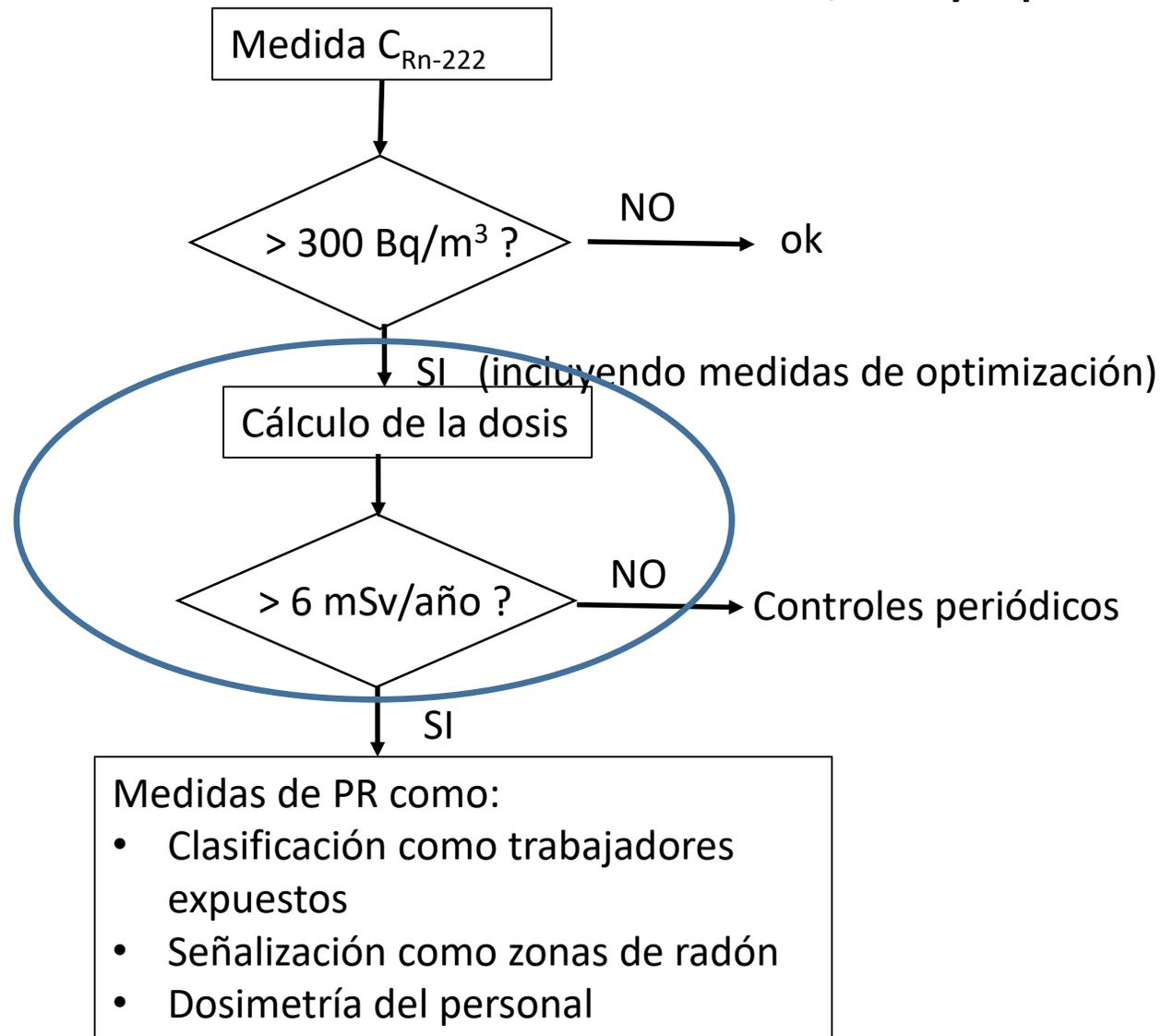
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
Aliada a la I.R.P.A.



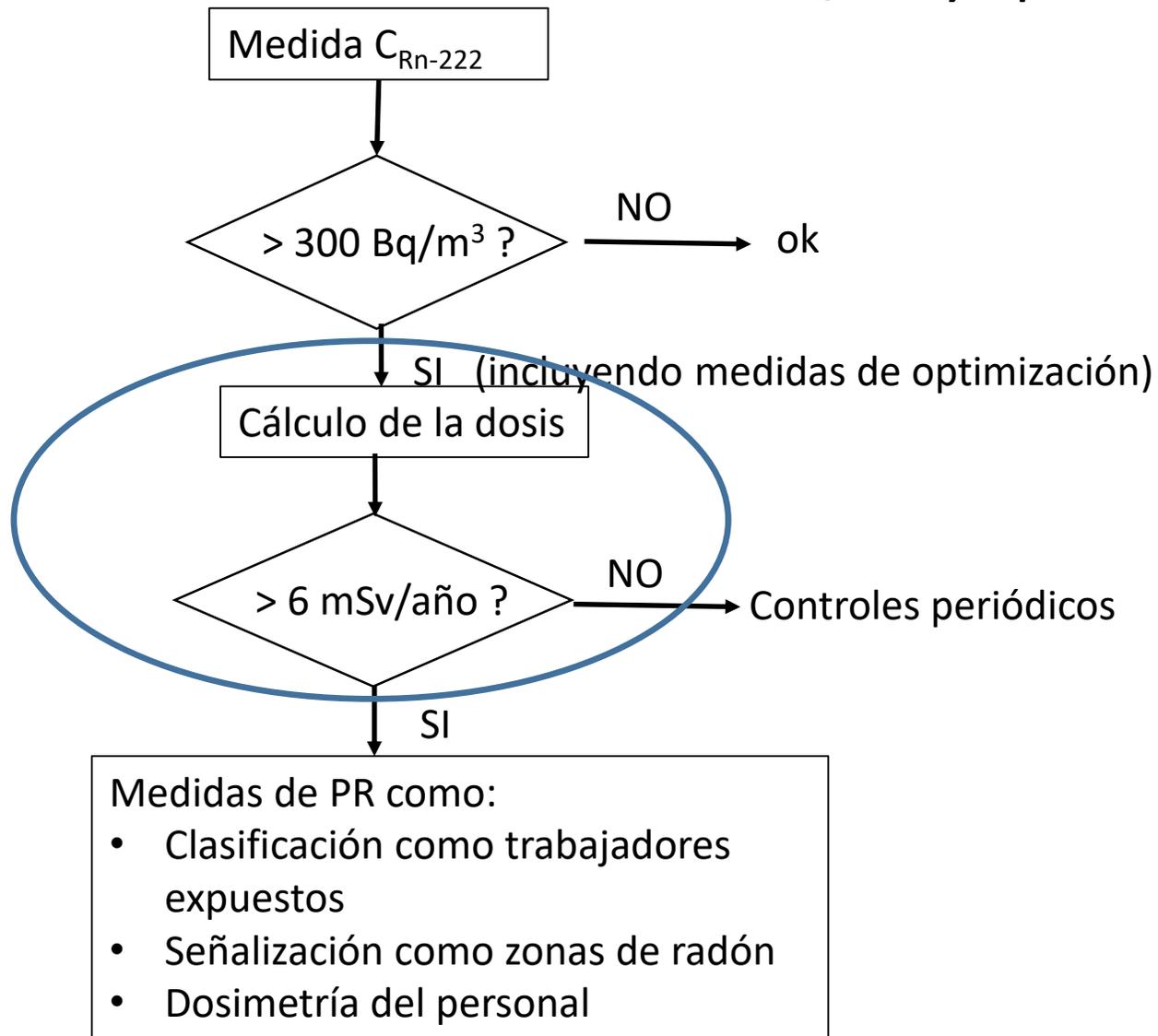
Laboratorio
Subterráneo
Canfranc



Real decreto 1029/2022 y la protección frente al radón



Real decreto 1029/2022 y la protección frente al radón

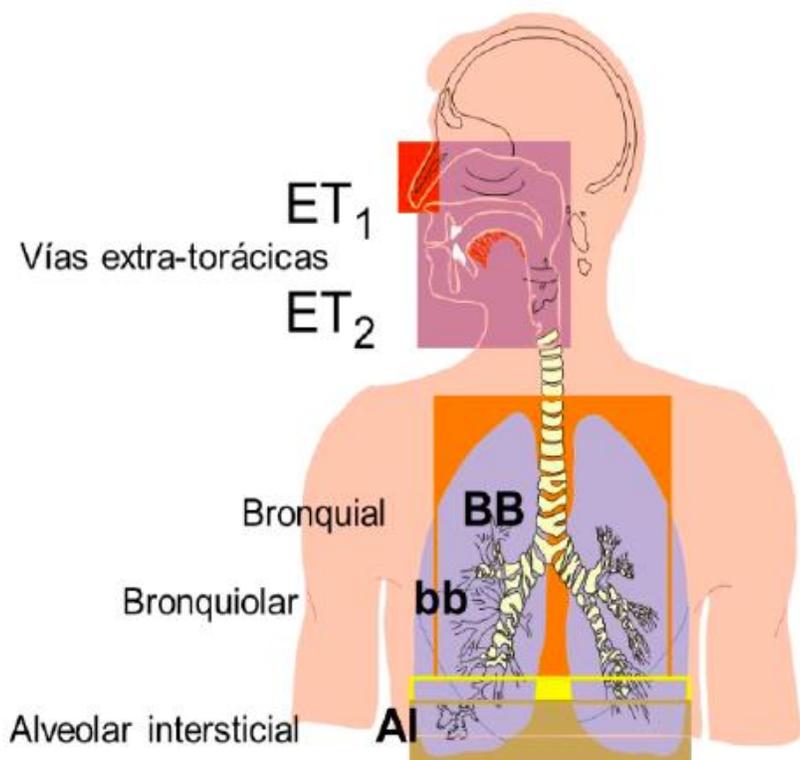


Contenido

1. **MODELO DOSIMÉTRICO DEL TRACTO RESPIRATORIO (HMRT) DE ICRP66 (1994).**
2. **ENFOQUE DEL CÁLCULO DOSIMÉTRICO ICRP 137 (2017)**
3. **EJEMPLO CÁLCULO DOSIMÉTRICO EN UN MINA TURÍSTICA**
4. **PROGRAMA DE CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE DOSIS PARA CUALQUIER ESCENARIO**
5. **CONCLUSIONES**

Modelo Dosimétrico de ICRP 66.

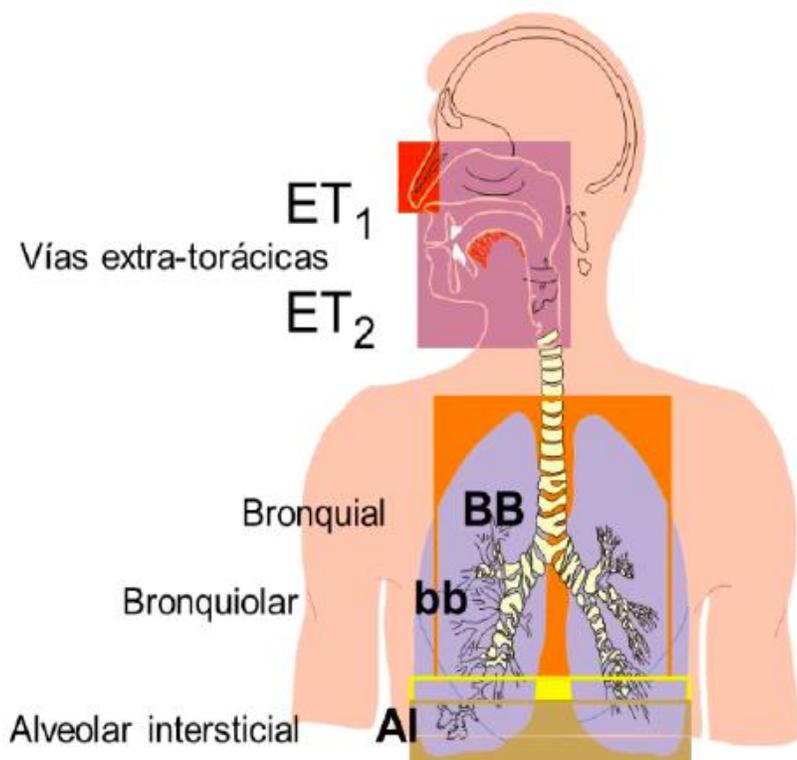
El modelo ICR66 divide el **tracto respiratorio** (HRTM) en distintos **compartimentos** (ET1, ET2, BB, bb y AI)



Modelo Dosimétrico de ICRP 66.

El modelo ICR66 divide el **tracto respiratorio** (HRTM) en distintos **compartimentos** (ET1, ET2, BB, bb y AI)

Modelo morfológico → Deposición inicial en los distintos compartimentos en función del tamaño de la partícula radiactiva inhalada y de la ventilación pulmonar

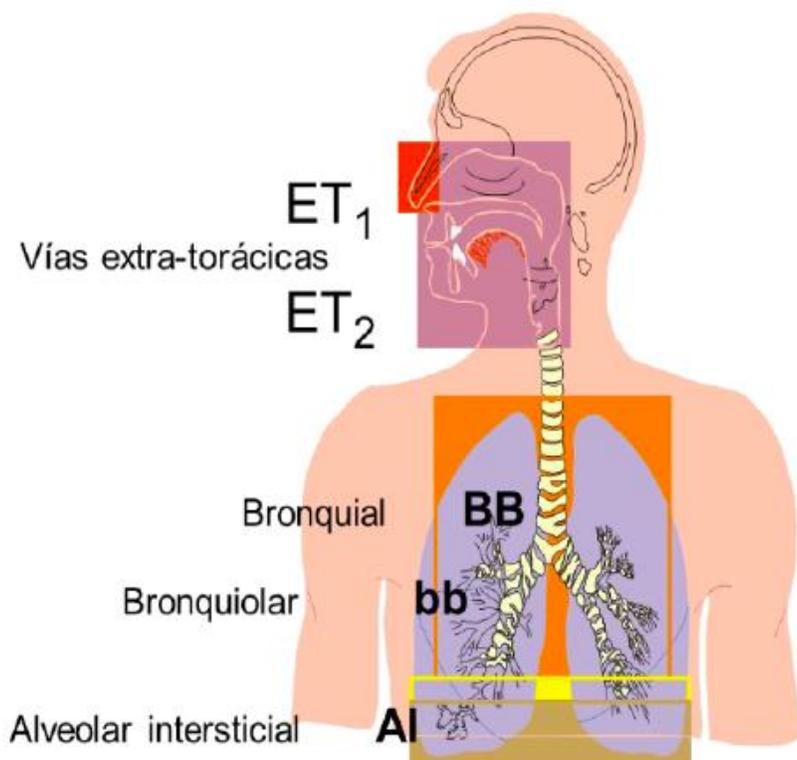


Modelo Dosimétrico de ICRP 66.

El modelo ICR66 divide el **tracto respiratorio** (HRTM) en distintos **compartimentos** (ET1, ET2, BB, bb y AI)

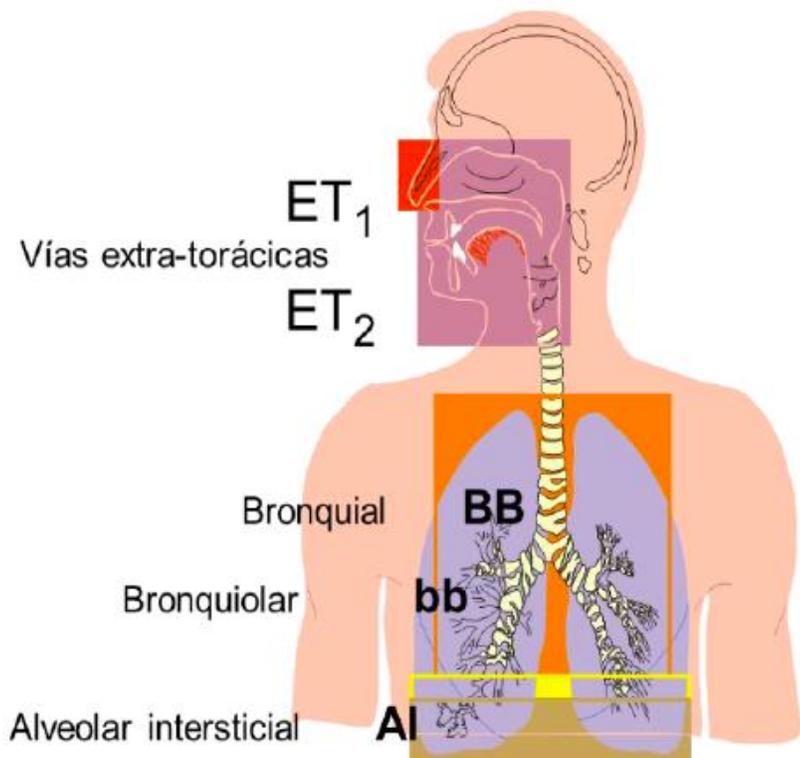
Modelo morfológico → Deposición inicial en los distintos compartimentos en función del tamaño de la partícula radiactiva inhalada y de la ventilación pulmonar

Modelo de transporte -> Coeficientes de transferencia entre compartimentos



Modelo Dosimétrico de ICRP 66.

El modelo ICR66 divide el **tracto respiratorio** (HRTM) en distintos **compartimentos** (ET1, ET2, BB, bb y AI)



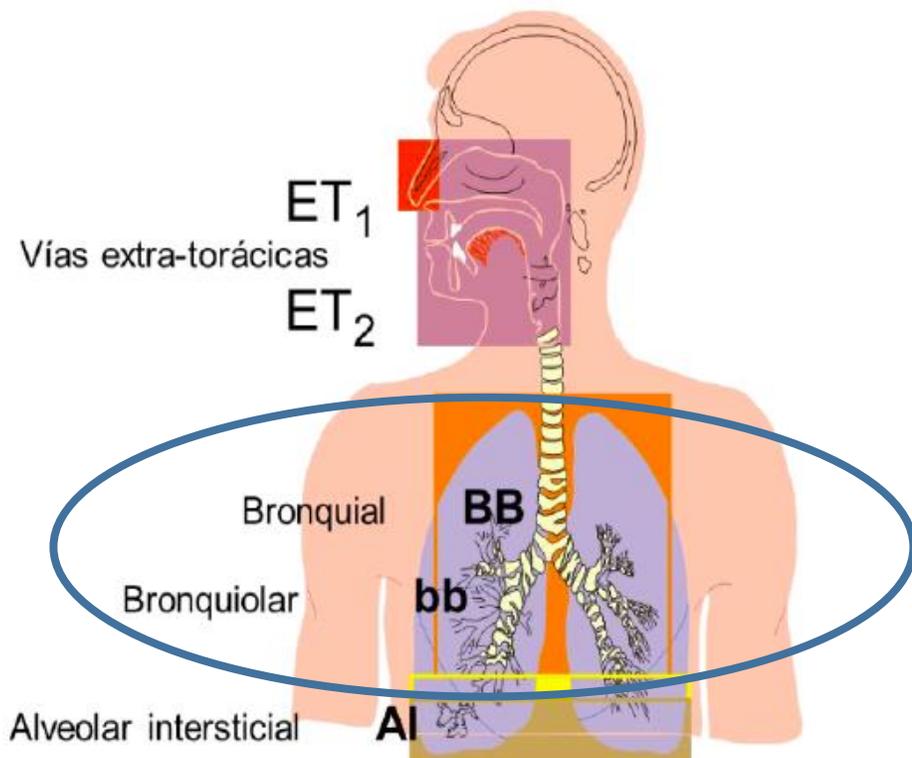
Modelo morfológico → Deposición inicial en los distintos compartimentos en función del tamaño de la partícula radiactiva inhalada y de la ventilación pulmonar

Modelo de transporte -> Coeficientes de transferencia entre compartimentos

Modelo absorción en sangre -> Coeficiente de absorción en sangre en base a su solubilidad

Modelo Dosimétrico de ICRP 66.

El modelo ICR66 divide el **tracto respiratorio** (HRTM) en distintos **compartimentos** (ET1, ET2, BB, bb y AI)



Modelo morfológico → Deposición inicial en los distintos compartimentos en función del tamaño de la partícula radiactiva inhalada y de la ventilación pulmonar

Modelo de transporte -> Coeficientes de transferencia entre compartimentos

Modelo absorción en sangre -> Coeficiente de absorción en sangre en base a su solubilidad

Modelo dosimétrico → *Dosis absorbida* en las células en base a las desintegraciones cada compartimento y se ponderan por su radiosensibilidad y por el tipo de radiación para calcular la dosis efectiva.

Modelo Dosimétrico de ICRP 66.

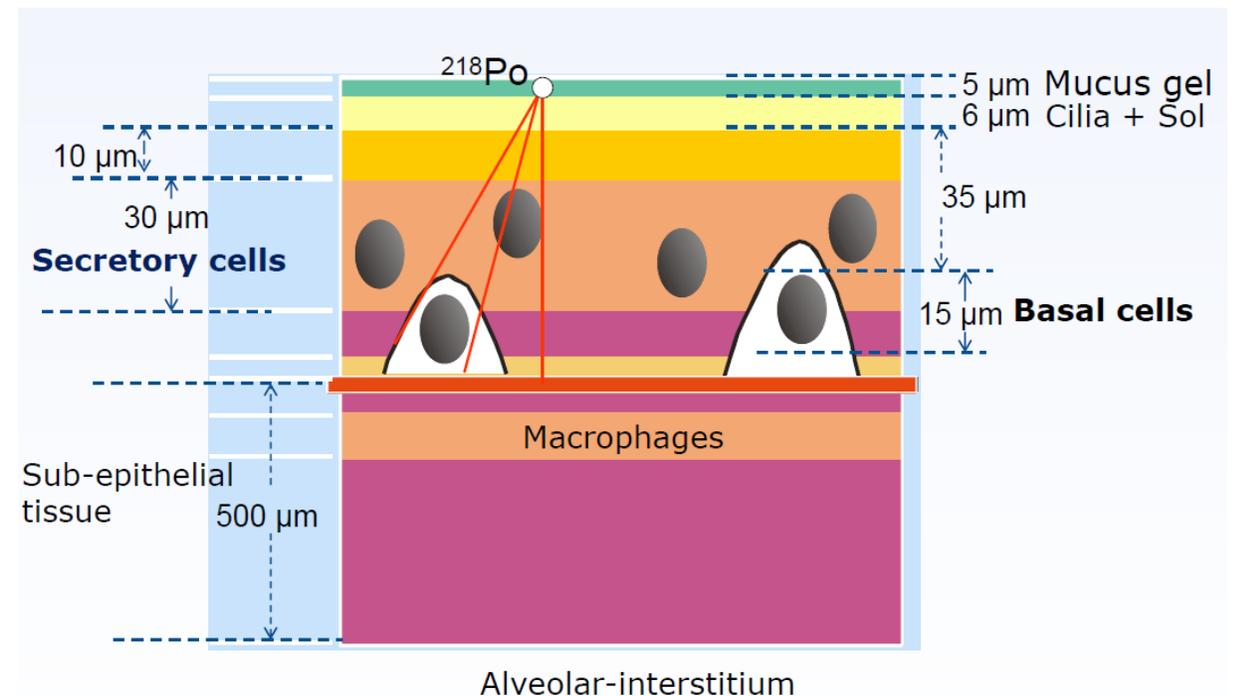
Dosis absorbida en las distintas células de las paredes del sistema respiratorio

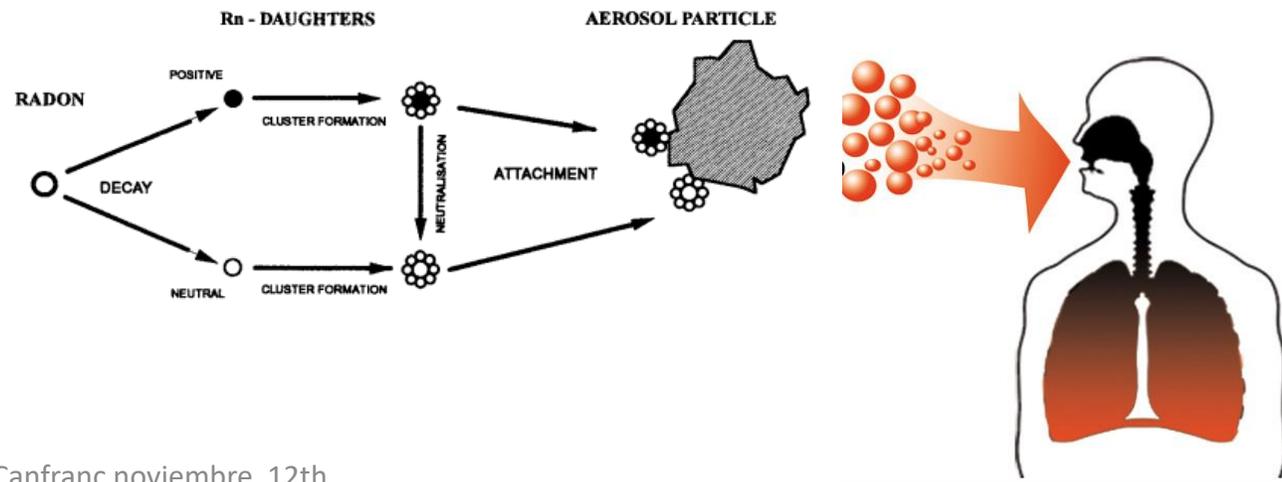
$$E = w_{pulmón} w_R [A_{BB} D_{BB} + A_{bb} D_{bb} + A_{AI} D_{AI}]$$

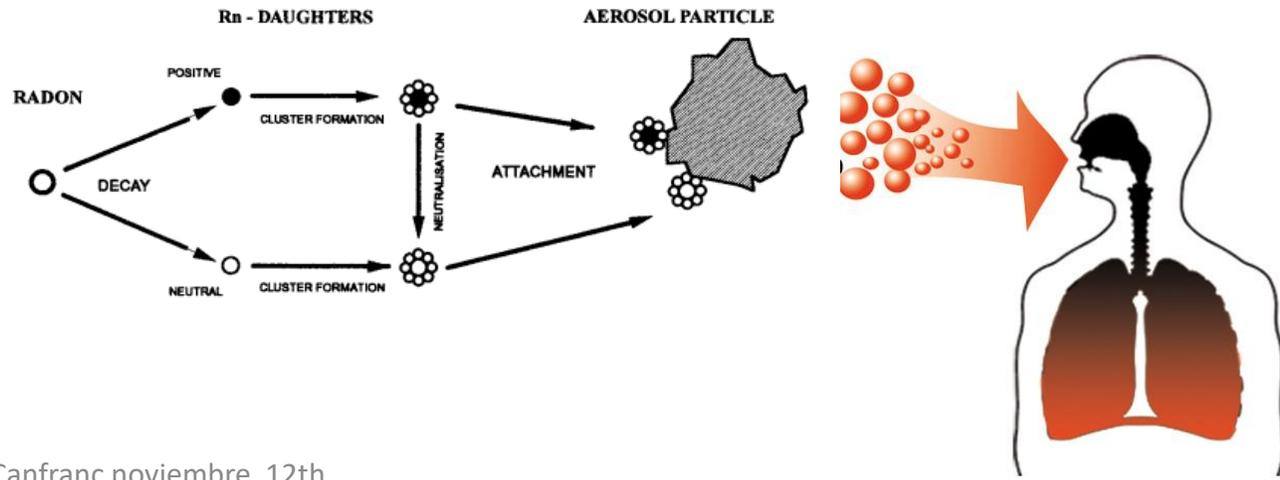
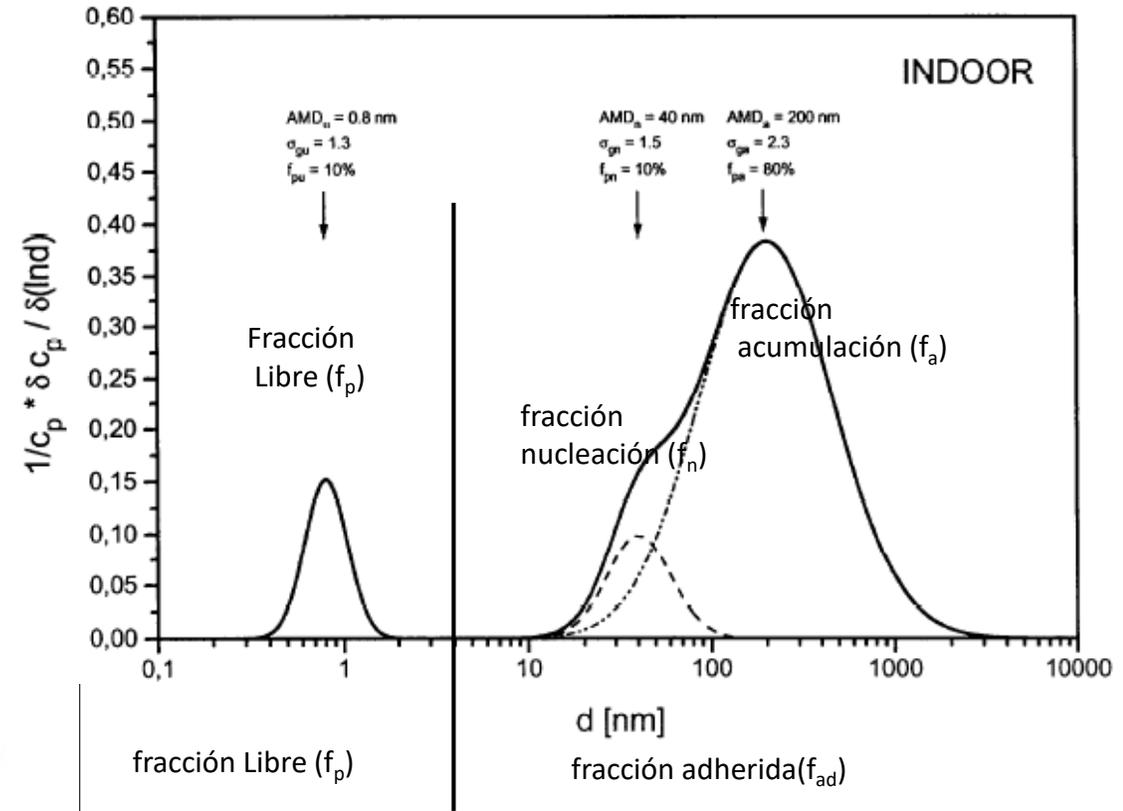
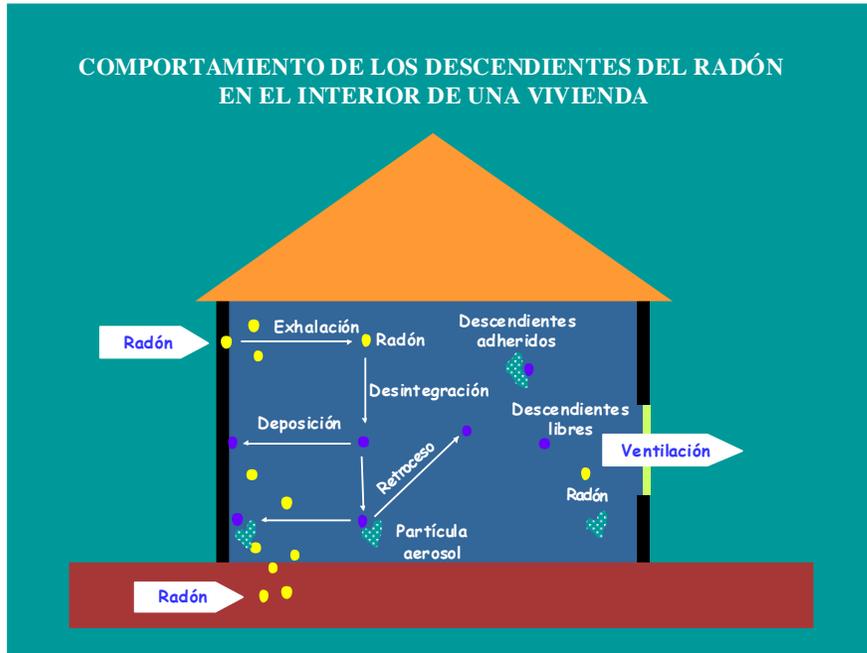
$$D_{BB} = (D_{bas} + D_{sec})/2$$

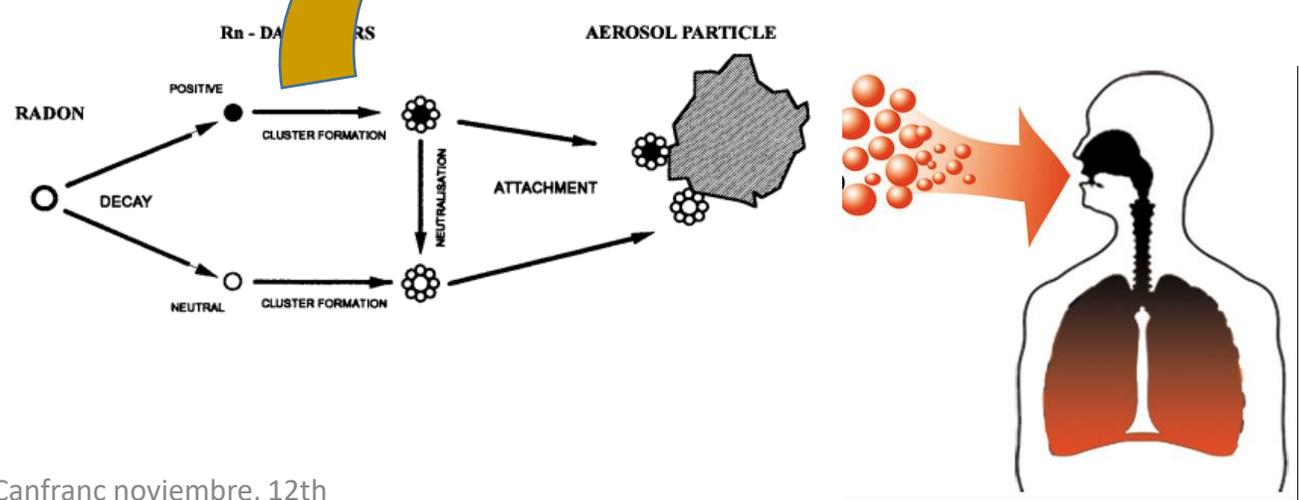
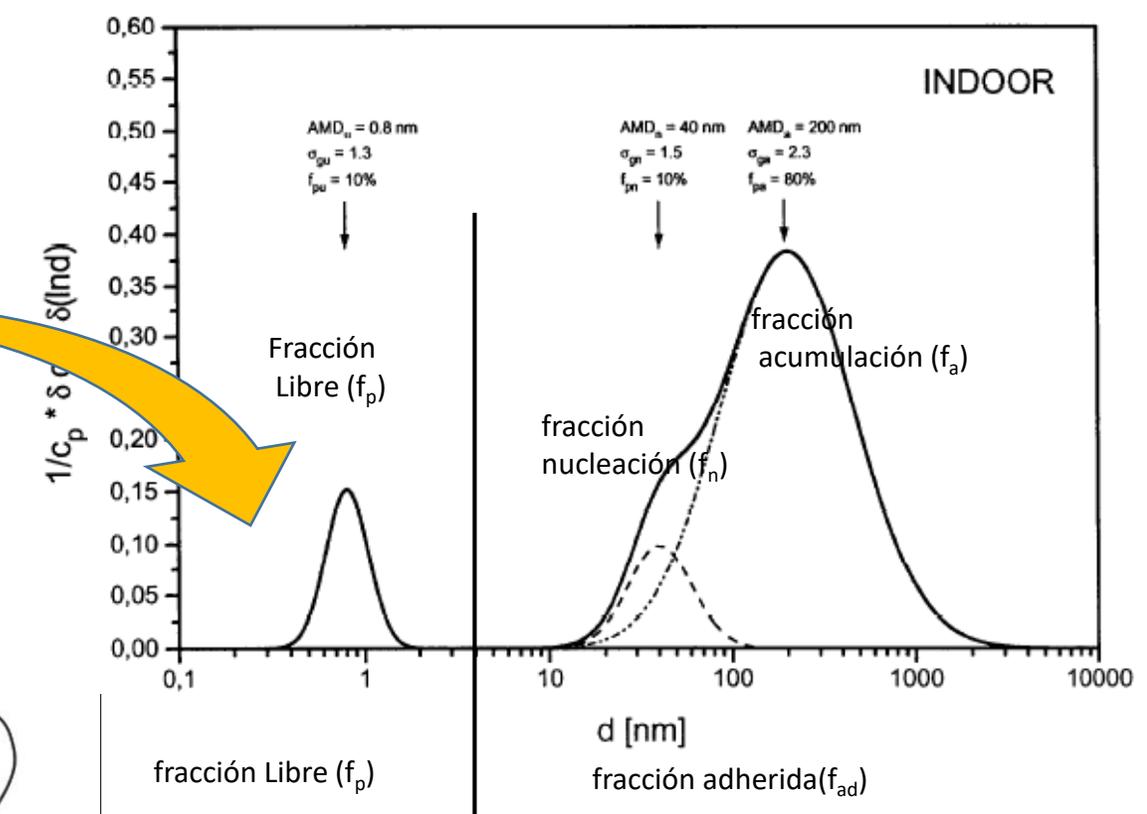
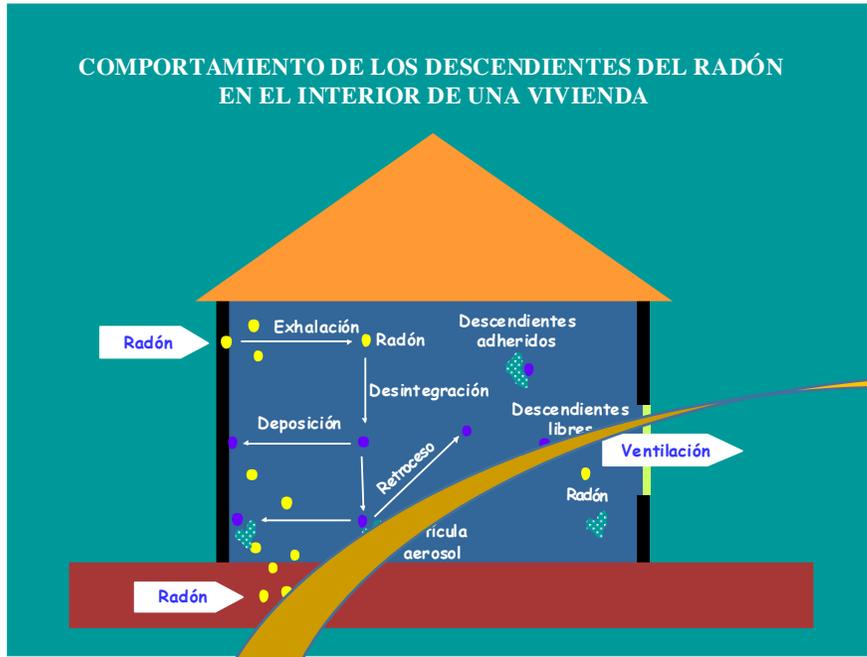
- D_i es la dosis absorbida en las células de cada región (mGy por unidad de exposición: WLM, Bq/m³ h)
- A_i son los factores de ponderación que representan la sensibilidad estimada de cada región del pulmón. Los valores comúnmente utilizados son 1/3 para cada una de las 3 regiones (BB, bb y AI).
- w_R es el factor ponderación par la radiación alfa (20)
- $w_{pulmón}$ es el factor de ponderación de la radiosensibilidad del pulmón (0.12)

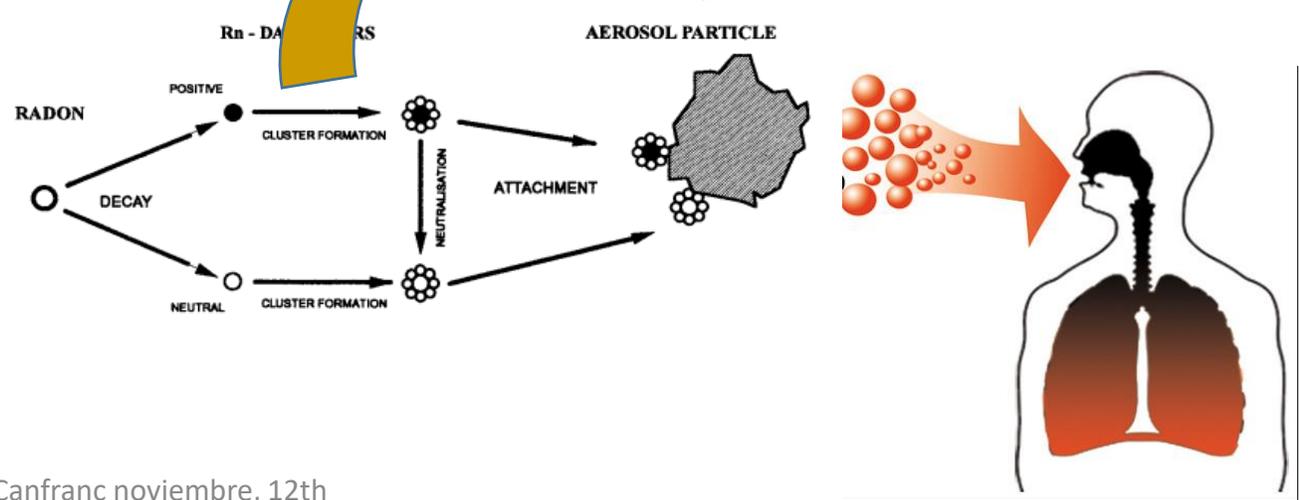
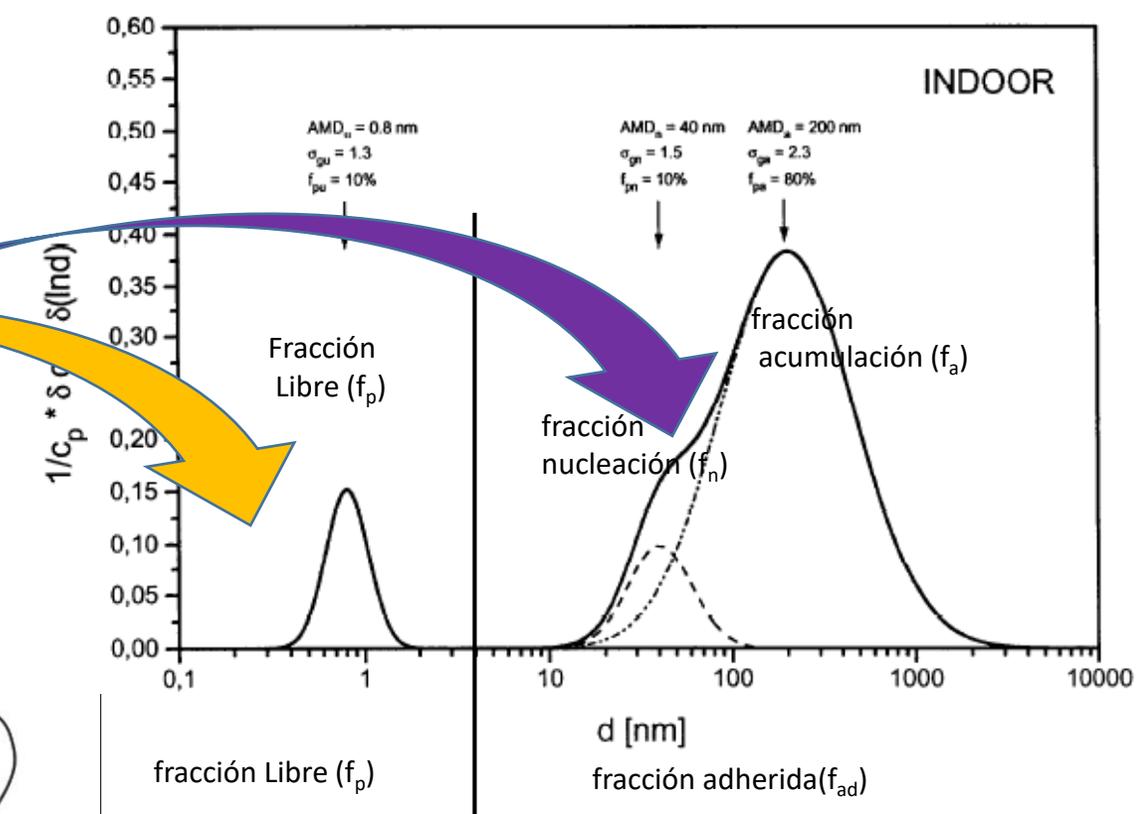
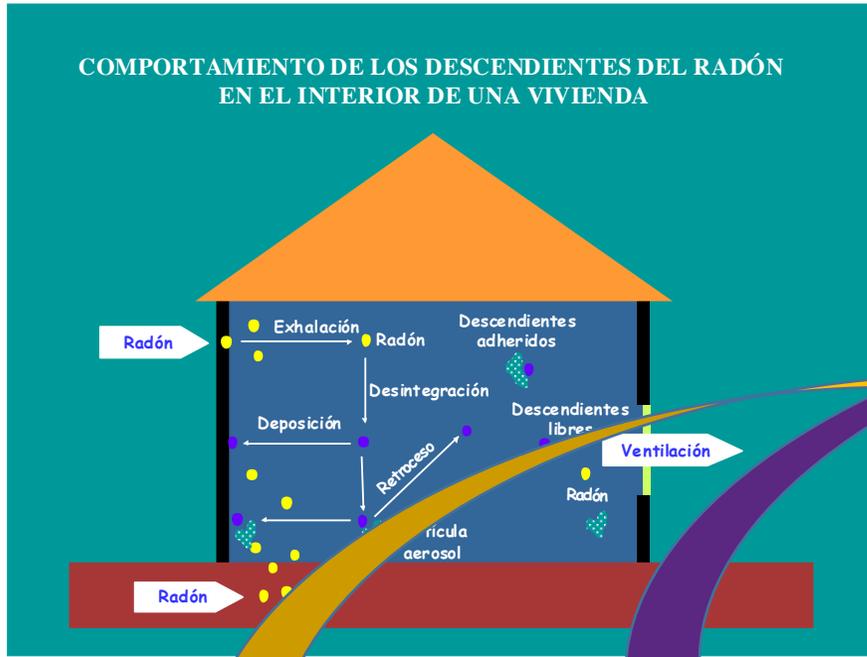
Modelo de la pared Bronquial (BB)











Dosis efectiva E (mSv):

$$E = EEC_p \cdot t \cdot DC_p + EEC_n \cdot t \cdot DC_n + EEC_a \cdot t \cdot DC_a$$

t tiempo de exposición

EEC_i , Concentración equivalente en equilibrio (Bq/m^3):

$$EEC_i = 0.104 C_{Po-218} + 0.514 C_{Pb-214} + 0.382 C_{Po-214}$$

Unidades: 1 WL = 3750 Bq/m³ de EEC; 1 M = 170 h; → 1 WLM = 6.37 10⁵ Bq m⁻³ h de EEC

Dosis efectiva E (mSv):

$$E = EEC_p \cdot t \cdot DC_p + EEC_n \cdot t \cdot DC_n + EEC_a \cdot t \cdot DC_a$$

t tiempo de exposición

EEC_i Concentración equivalente en equilibrio (Bq/m³):

$$EEC_i = 0.104 C_{Po-218} + 0.514 C_{Pb-214} + 0.382 C_{Po-214}$$

Unidades: 1 WL = 3750 Bq/m³ de EEC; 1 M = 170 h; → 1 WLM = 6.37 10⁵ Bq m⁻³ h de EEC

Metrología EEC:

- **Hay varios equipos comerciales que pueden medir la EEC total. Muy pocos pueden medir cada uno de los descendientes de forma individual.**
- **La medición de la EEC libre, de nucleación y adherida no tienen trazabilidad metrológica (no se pueden calibrar). Sólo hay trazabilidad para la EEC total.**
- **Para la medición de todas las EEC sólo conozco 1 equipo.**

Dosis efectiva E (mSv):

$$E = EEC_p \cdot t \cdot DC_p + EEC_n \cdot t \cdot DC_n + EEC_a \cdot t \cdot DC_a$$

t tiempo de exposición

EEC_i Concentración equivalente en equilibrio (Bq/m³):

$$EEC_i = 0.104 C_{Po-218} + 0.514 C_{Pb-214} + 0.382 C_{Po-214}$$

Unidades: 1 WL = 3750 Bq/m³ de EEC; 1 M = 170 h; → 1 WLM = 6.37 10⁵ Bq m⁻³ h de EEC

DC_i (mSv por Bq m⁻³ h) coeficiente de conversión a dosis por unidad de exposición para el tamaño de la moda i y ventilación pulmonar B

Dosis efectiva E (mSv):

$$E = EEC_p \cdot t \cdot DC_p + EEC_n \cdot t \cdot DC_n + EEC_a \cdot t \cdot DC_a$$

t tiempo de exposición

EEC_i Concentración equivalente en equilibrio (Bq/m^3):

$$EEC_i = 0.104 C_{Po-218} + 0.514 C_{Pb-214} + 0.382 C_{Po-214}$$

Unidades: 1 WL = 3750 Bq/m³ de EEC; 1 M = 170 h; → 1 WLM = 6.37 10⁵ Bq m⁻³ h de EEC

DC_i (mSv por Bq m⁻³ h) coeficiente de conversión a dosis por unidad de exposición para el **tamaño de la moda i** y ventilación pulmonar B



Para su metrología se utilizan equipos complejos y de un coste elevado. Además, son equipos que miden el tamaño aerodinámico que no es igual que el tamaño aerodinámico en actividad, ya que es más probable que un descendiente en estado libre se adhiera a una partícula de mayor tamaño.

Dosis efectiva E (mSv):

$$E = EEC_p \cdot t \cdot DC_p + EEC_n \cdot t \cdot DC_n + EEC_a \cdot t \cdot DC_a$$

t tiempo de exposición

EEC_i Concentración equivalente en equilibrio (Bq/m^3):

$$EEC_i = 0.104 C_{Po-218} + 0.514 C_{Pb-214} + 0.382 C_{Po-214}$$

Unidades: 1 WL = 3750 Bq/m³ de EEC; 1 M = 170 h; → 1 WLM = 6.37 10⁵ Bq m⁻³ h de EEC

DC_i (mSv por Bq m⁻³ h) coeficiente de conversión a dosis por unidad de exposición para el tamaño de la moda i y ventilación pulmonar B

Coeficiente Dosis efectiva E (mSv por Bq m⁻³ h):

$$\frac{E}{F \cdot C_{Rn} \cdot t} = (f_p \cdot DC_p + f_n \cdot DC_n + f_a \cdot DC_a)$$

f_i fracción de descendientes de tamaño en la moda i en términos de energía alfa potencial: EEC_i/ECC

F factor de equilibrio $F = EEC / C_{Rn}$

ICRP 137 proporciona los cálculos dosimétricos para **3 lugares de trabajo de referencia**, una **ventilación pulmonar B de 1.2 m³/h** y unas proporciones de las concentraciones de descendientes específicas.

$$EEC_i = 0.104 C_{Po-218} + 0.514 C_{Pb-214} + 0.382 C_{Po-214}$$

Adherido: $^{218}\text{Po}: ^{214}\text{Pb}: ^{214}\text{Bi} = 1: 0.75: 0.6$

Libre: $^{218}\text{Po}: ^{214}\text{Pb}: ^{214}\text{Bi} = 1: 0.1: 0$

ICRP 137 proporciona los cálculos dosimétricos para **3 lugares de trabajo de referencia**, una **ventilación pulmonar B de 1.2 m³/h** y unas proporciones de las concentraciones de descendientes específicas.

$$EEC_i = 0.104 C_{Po-218} + 0.514 C_{Pb-214} + 0.382 C_{Po-214}$$

Adherido: ²¹⁸Po: ²¹⁴Pb: ²¹⁴Bi = 1: 0.75: 0.6

Libre: ²¹⁸Po: ²¹⁴Pb: ²¹⁴Bi = 1: 0.1: 0

Características del aerosol adherido

Lugar de trabajo	f_p	F	Moda i	f_{pi}	AMTD _{i} (nm)	σ_i	Densidad, ρ_i (g cm ⁻³)	Factor de forma, χ_i	hgf_i	AMAD _{i} (nm)
Estándar*	0.08	0.4	n	0.2	60	2.0	1.0	1.0	2.0	60
			a	0.8	500	2.0	1.0	1.0	2.0	500
Mina	0.01	0.2	a	1.0	250	2.0	0.7	1.0	1.0	197
Cueva turística	0.15	0.4	a	1.0	200	2.0	1.0	1.0	1.0	200

ICRP 137 proporciona los cálculos dosimétricos para **3 lugares de trabajo de referencia**, una **ventilación pulmonar B de 1.2 m³/h** y unas proporciones de las concentraciones de descendientes específicas.

$$EEC_i = 0.104 C_{Po-218} + 0.514 C_{Pb-214} + 0.382 C_{Po-214}$$

Adherido: ²¹⁸Po: ²¹⁴Pb: ²¹⁴Bi = 1: 0.75: 0.6

Libre: ²¹⁸Po: ²¹⁴Pb: ²¹⁴Bi = 1: 0.1: 0

Características del aerosol adherido

Lugar de trabajo	Características del aerosol adherido									
	f_p	F	Moda i	f_{pi}	AMTD _{i} (nm)	σ_i	Densidad, ρ_i (g cm ⁻³)	Factor de forma, χ_i	hgf_i	AMAD _{i} (nm)
Estándar*	0.08	0.4	n	0.2	60	2.0	1.0	1.0	2.0	60
			a	0.8	500	2.0	1.0	1.0	2.0	500
Mina	0.01	0.2	a	1.0	250	2.0	0.7	1.0	1.0	197
Cueva turística	0.15	0.4	a	1.0	200	2.0	1.0	1.0	1.0	200

Dosis efectiva por unidad de exposición

mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ EEC)	nSv per Bq h m ⁻³ ²²² Rn	mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ ECC)
20 (31)	12	86 $f_p + (1-f_p) 14$ (135 $f_p + (1-f_p) 22$)
11 (17)		86 $f_p + (1-f_p) 10$ (135 $f_p + (1-f_p) 16$)
23 (36)	15	86 $f_p + (1-f_p) 12$ (135 $f_p + (1-f_p) 19$)

ICRP 137 proporciona los cálculos dosimétricos para **3 lugares de trabajo de referencia**, una **ventilación pulmonar B de 1.2 m³/h** y unas proporciones de las concentraciones de descendientes específicas.

$$EEC_i = 0.104 C_{Po-218} + 0.514 C_{Pb-214} + 0.382 C_{Po-214}$$

Adherido: ²¹⁸Po: ²¹⁴Pb: ²¹⁴Bi = 1: 0.75: 0.6

Libre: ²¹⁸Po: ²¹⁴Pb: ²¹⁴Bi = 1: 0.1: 0

Características del aerosol adherido

Lugar de trabajo	f_p	F	Moda i	f_{pi}	AMTD _{<i>i</i>} (nm)	σ_i	Densidad, ρ_i (g cm ⁻³)	Factor de forma, χ_i	hgf_i	AMAD _{<i>i</i>} (nm)
Estándar*	0.08	0.4	n	0.2	60	2.0	1.0	1.0	2.0	60
			a	0.8	500	2.0	1.0	1.0	2.0	500
Mina	0.01	0.2	a	1.0	250	2.0	0.7	1.0	1.0	197
Cueva turística	0.15	0.4	a	1.0	200	2.0	1.0	1.0	1.0	200

Dosis efectiva por unidad de exposición

mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ EEC)	nSv per Bq h m ⁻³ ²²² Rn	mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ ECC)
20 (31)	12	86 $f_p + (1-f_p) 14$ (135 $f_p + (1-f_p) 22$)
11 (17)		86 $f_p + (1-f_p) 10$ (135 $f_p + (1-f_p) 16$)
23 (36)	3.4 15	86 $f_p + (1-f_p) 12$ (135 $f_p + (1-f_p) 19$)

*Para una ventilación pulmonar de 0.86 m³/h, el coeficiente de dosis sería de **22 nSv per Bq h m⁻³ EEC (14 mSv/WLM)**

ICRP 137 proporciona los cálculos dosimétricos para **3 lugares de trabajo de referencia**, una **ventilación pulmonar B de 1.2 m³/h** y unas proporciones de las concentraciones de descendientes específicas.

$$EEC_i = 0.104 C_{Po-218} + 0.514 C_{Pb-214} + 0.382 C_{Po-214}$$

Adherido: ²¹⁸Po: ²¹⁴Pb: ²¹⁴Bi = 1: 0.75: 0.6

Libre: ²¹⁸Po: ²¹⁴Pb: ²¹⁴Bi = 1: 0.1: 0

Características del aerosol adherido

Lugar de trabajo	f_p	F	Moda i	f_{pi}	AMTD _{<i>i</i>} (nm)	σ_i	Densidad, ρ_i (g cm ⁻³)	Factor de forma, χ_i	hgf_i	AMAD _{<i>i</i>} (nm)
Estándar*	0.08	0.4	n	0.2	60	2.0	1.0	1.0	2.0	60
			a	0.8	500	2.0	1.0	1.0	2.0	500
Mina	0.01	0.2	a	1.0	250	2.0	0.7	1.0	1.0	197
Cueva turística	0.15	0.4	a	1.0	200	2.0	1.0	1.0	1.0	200

Dosis efectiva por unidad de exposición

mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ EEC)	nSv per Bq h m ⁻³ ²²² Rn	mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ ECC)
20 (31)	12	86 $f_p + (1-f_p)$ 14 (135 $f_p + (1-f_p)$ 22)
11 (17)		86 $f_p + (1-f_p)$ 10 (135 $f_p + (1-f_p)$ 16)
23 (36)	3.4 15	86 $f_p + (1-f_p)$ 12 (135 $f_p + (1-f_p)$ 19)

*Para una ventilación pulmonar de 0.86 m³/h, el coeficiente de dosis sería de **22 nSv per Bq h m⁻³ EEC (14 mSv/WLM)**

Recomendación ICRP 137:

11 mSv WLM⁻¹ para trabajadores en lugares estándar que realicen trabajo sedentario y minas subterráneas
21 mSv WLM⁻¹ para trabajadores en lugares estándar que realicen trabajo con una cierta actividad física y en cuevas turísticas

Ejemplo cálculo

Datos: publicación Agata Gryer et al.2022. Int. J. Environ. Res. PublicHealth **2022**, 19, 15778.
<https://doi.org/10.3390/ijerph192315778>

Lugar de trabajo: Antigua mina de plata, actualmente turística
Hay ventilación pero no hay generación de aerosoles por la actividad minera

Ejemplo cálculo

Datos: publicación Agata Gryer et al.2022. Int. J. Environ. Res. PublicHealth **2022**, 19, 15778.
<https://doi.org/10.3390/ijerph192315778>

Lugar de trabajo: Antigua mina de plata, actualmente turística
Hay ventilación pero no hay generación de aerosoles por la actividad minera

Caracterización según lugar de referencia ICRP 137

Lugar	f_p	F
Mina	0.01	0.2
Cueva Turística	0.15	0.4

mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ EEC)	nSv per Bq h m ⁻³ ²²² Rn
11 (17)	3.4
23 (36)	15

Ejemplo cálculo

Datos: publicación Agata Gryer et al.2022. Int. J. Environ. Res. PublicHealth **2022**, 19, 15778.
<https://doi.org/10.3390/ijerph192315778>

Lugar de trabajo: Antigua mina de plata, actualmente turística

Hay ventilación pero no hay generación de aerosoles por la actividad minera

Caracterización según lugar de referencia ICRP 137

Lugar	f_p	F
Mina	0.01	0.2
Cueva Turística	0.15	0.4

mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ EEC)	nSv per Bq h m ⁻³ ²²² Rn
11 (17)	3.4
23 (36)	15

Caracterización con medida de F y f_p ICRP 137

Lugar	f_p	F
Mina	0.11	0.73
Cueva Turística	0.11	0.73

Ecuaciones ICRP 137	mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ EEC)	nSv per Bq h m ⁻³ ²²² Rn
$86 f_p + (1-f_p) 10$	18	20
$(135 f_p + (1-f_p) 16)$	(29)	
$86 f_p + (1-f_p) 12$	20	23
$(135 f_p + (1-f_p) 19)$	(32)	

Ejemplo cálculo

Datos: publicación Agata Gryer et al.2022. Int. J. Environ. Res. PublicHealth **2022**, 19, 15778. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315778>

Lugar de trabajo: Antigua mina de plata, actualmente turística
Hay ventilación pero no hay generación de aerosoles por la actividad minera

Caracterización según lugar de referencia ICRP 137

Lugar	f_p	F
Mina	0.01	0.2
Cueva Turística	0.15	0.4

mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ EEC)	nSv per Bq h m ⁻³ ²²² Rn
11 (17)	3.4
23 (36)	15

Caracterización con medida de F y f_p ICRP 137

Lugar	f_p	F
Mina	0.11	0.73
Cueva Turística	0.11	0.73

Ecuaciones ICRP 137	mSv/WLM (nSv per Bq h m ⁻³ EEC)	nSv per Bq h m ⁻³ ²²² Rn
$86 f_p + (1-f_p) 10$	18	20
$(135 f_p + (1-f_p) 16)$	(29)	
$86 f_p + (1-f_p) 12$	20	23
$(135 f_p + (1-f_p) 19)$	(32)	



Análisis de la influencia de la ventilación pulmonar

Si la ventilación pulmonar es distinta a 1.2 m³/h, el cálculo de la dosis de forma proporcional lleva A un error:

$$DC(X \text{ m}^3/\text{h}) = DC(1.2 \text{ m}^3/\text{h}) * X/1.2.$$



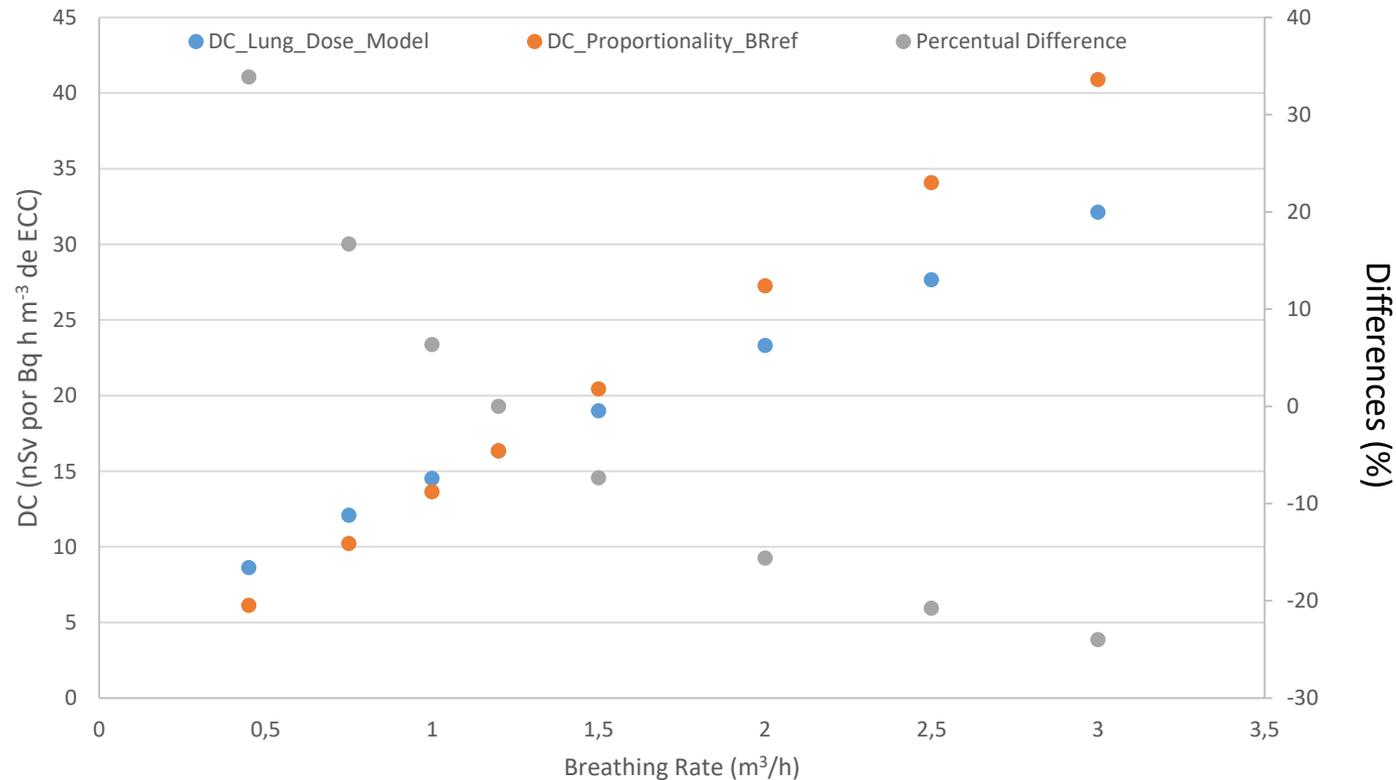
ERROR QUE PUEDE SER DEL 20 %

Si la ventilación pulmonar es distinta a 1.2 m³/h, el cálculo de la dosis de forma proporcional lleva A un error:

$$DC(X \text{ m}^3/\text{h}) = DC(1.2 \text{ m}^3/\text{h}) * X / 1.2.$$



ERROR QUE PUEDE SER DEL 20 %





Development of a Code for radon dose calculation

Autor: D. Nikezic (2001); **Versión modificada con parámetros ICRP137:** A.Vargas
Basado en: ICRP 66 (1994): Human Respiratory Tract Model (HRTM)
Lenguaje: FORTRAN; **User friendly version:** Python

About Radon Dose Calculator	Scenarios	Aerosol	Concentration	Lungs	Libraries	RUN
-----------------------------	-----------	---------	---------------	-------	-----------	-----

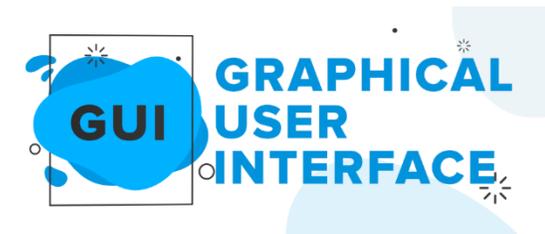
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques

About RadonQuant

Radon Dose Calculator is a Graphical User Interface (GUI) designed and built to facilitate the estimation of Dose due to Radon exposure in different scenarios.

The model behind this Python GUI is a modified version of the Dosimetric model created by D. Nikezic and K.N. Yu, 2001, on the basis of ICRP66 and ICRP137.

This application wants to help in assessing the risk due to radon exposure and in implementing the necessary reduction strategies.





Development of a Code for radon dose calculation

Radon Dose Calculator

About Radon Dose Calculator | **Scenarios** | Aerosol | Concentration | Lungs | Libraries | RUN

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques

Select the scenario you want to work on.

MINE

TOURIST CAVE

INDOOR WORKPLACE

Cerca

21:06



Development of a Code for radon dose calculation



Radon Dose Calculator

About Radon Dose Calculator Scenarios **Aerosol** Concentration Lungs Libraries RUN

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques

Variables of aerosol particles in Unattached, Nucleation, Accumulation and Coarse mode. Fill the blanks and OK.

	UNATTACHED	NUCLEATION	ACCUMULATION	COARSE
Equivalent Volume Diameter(1)/ Thermodynamic Diameter(2)/ Aerodynamic Diameter(3)[nm]	<input type="text"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="3"/>
Median [nm]	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="197"/>	<input type="text" value="0"/>
GSD [nm]	<input type="text" value="1.3"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="0"/>
Density [gcm-3]	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0.7"/>	<input type="text" value="1"/>
Shape Factor	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Higroscopy [%]	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>

OK



Development of a Code for radon dose calculation

Radon Dose Calculator

About Radon Dose Calculator Scenarios Aerosol **Concentration** Lungs Libraries RUN

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques

Variables related to Radon and its progeny. Fill the blanks and OK

Unattached Fraction	<input type="text" value="0.01"/>
Nucleation Fraction	<input type="text" value="0"/>
Accumulation Fraction	<input type="text" value="1"/>
Coarse Fraction	<input type="text" value="0"/>
Unattached Activity Ratio Pb-214/Po-218	<input type="text" value="0.1"/>
Unattached Activity Ratio Bi-214/Po-218	<input type="text" value="0"/>
Attached Activity Ratio Pb-214/Po-218	<input type="text" value="0.75"/>
Attached Activity Ratio Bi-214/Po-218	<input type="text" value="0.6"/>
Radon Air Concentration [Bqm-3]	<input type="text" value="300"/>
Equilibrium Factor	<input type="text" value="0.2"/>

OK

Windows taskbar: Cerca, 21:09



Development of a Code for radon dose calculation

Radon Dose Calculator

About Radon Dose Calculator Scenarios Aerosol Concentration **Lungs** Libraries RUN

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques

Lung morphology and physiology conditions. Table 15 page 50 ICRP 66. Fill the blanks and OK

Inhaled Air [m3h-1]	<input type="text" value="12"/>
Functional Residual Capacity	<input type="text" value="3301"/>
Breathing Frequency [min-1]	<input type="text" value="18"/>
Dead Spaces ET [ml]	<input type="text" value="50"/>
Dead Spaces BB [ml]	<input type="text" value="49"/>
Dead Spaces bbb [ml]	<input type="text" value="47"/>

OK

Windows taskbar: Cerca, [Icons], 21:10



Development of a Code for radon dose calculation



Radon Dose Calculator

About Radon Dose Calculator Scenarios Aerosol Concentration Lungs Libraries RUN

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques

Data you need for Program 3.

AF.DAT	UPDATE	ABSORBED FRACTIONS OF ALPHAS (6 MeV and 7.8 MeV) in sensitive cells (rapid and slow mucus). TABLE H.1 PAGE 43 ICRP 66.
RATE_CONSTANTS.DAT	UPDATE	Transport rates between compartments. Table 29 page 112 ICRP 66
coeficiente_deposicion_v2.dat	UPDATE	Partition of deposit in each region between compartments. Tabla 17 B pag 69 of ICRP 66.

Windows taskbar: Cerca, 21:12



Development of a Code for radon dose calculation

The screenshot shows the 'Radon Dose Calculator' application interface on the left and a Notepad++ window on the right displaying the output of a calculation. The application has tabs for 'About Radon Dose Calculator' and 'Scenarios'. Under 'Run', there are buttons for 'Generate INPUTS', 'Program 1', 'Program 2' (with 'DONE!' next to it), and 'Program 3'. The Notepad++ window shows the following output:

```

32
33 Effective dose conversion coefficient in mSv/WLM: 10.4134493
34 Effective dose conversion coefficient in mSv per mJ h m-3: 2.94165230
35 Effective dose conversion coefficient in nSv/(Bq/m3 h ECC) 16.3476429
36
37 ABSORBED DOSE IN mGy PER WLM IN DIFFERENT TARGETS OF HRTEM:
38 Bronchial basal cells, DBB,bas: 3.37372589
39 Bronchial basal cells(unattached): 0.386093974
40 Bronchial basal cells(nucleation): 0.00000000
41 Bronchial basal cells(accumulation): 2.98763204
42 Bronchial basal cells(coarse): 0.00000000
43 Bronchial secretary cells, DBB,sec: 7.29214144
44 Bronchial secretary cells(unattached): 0.999386370
45 Bronchial secretary cells(nucleation): 0.00000000
46 Bronchial secretary cells(accumulation): 6.29275465
47 Bronchial secretary cells(coarse): 0.00000000
48 Bronchial dose: 5.33293343
49 Bronchial dose(unattached): 0.692740202
50 Bronchial dose(nucleation): 0.00000000
51 Bronchial dose(accumulation): 4.64019346
52 Bronchial dose(coarse): 0.00000000
53 Bronchiolar dose: 7.64799929
54 Bronchiolar dose(unattached): 0.319954991
55 Bronchiolar dose(nucleation): 0.00000000
56 Bronchiolar dose(accumulation): 7.32804441
57 Bronchiolar dose(coarse): 0.00000000
58 Alveolar-interstitial dose: 4.89085987E-02
59 AI dose(unattached): 6.36686891E-05
60 AI dose(nucleation): 0.00000000
61 AI dose(accumulation): 4.88449298E-02
62 AI dose(coarse): 0.00000000
63 Thoracic: 86.7787323
64 Thoracic(unattached): 6.74497461
65 Thoracic(nucleation): 0.00000000
66 Thoracic(accumulation): 80.0337677
67 Thoracic(coarse): 0.00000000
68 Total DCF: 10.4134474
69 DCF(unattached): 0.809396863
70 DCF(nucleation): 0.00000000
71 DCF(accumulation): 9.60405254
72 DCF(coarse): 0.00000000
73 *****End of Program 3*****
74
length: 3.957 lines: 74 Ln: 1 Col: 1 Pos: 1 Windows(CR LF) UTF-8 INS

```



Conclusiones

- 1. ICRP 137 proporciona unos coeficientes de dosis para tres escenarios.**
- 2. Su aplicación en lugares de trabajo “estándar” es directa y sencilla de utilizar.**
- 3. En lugares de trabajo no estándar hemos encontrado parámetros diferentes a los valores por defecto presentados en ICRP.**
- 4. Se recomienda llevar a cabo medidas de las concentraciones descendientes totales y libres en lugares de trabajo no estándar. Sin embargo, no existe todavía un sistema metrológico para la concentración equivalente en equilibrio de los descendiente en estado libre.**
- 5. Las mediciones de los tamaños de aerosol son caras y complejas de llevar a cabo.**
- 6. Se pretende realizar un análisis de sensibilidad de la dosis a las diferentes variables en el marco de un trabajo de doctorado que se iniciará en breve.**

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el CSN en el marco de las ayudas de Investigación y Desarrollo (proyecto RADOsis)

Los autores quiere mostrar su agradecimiento la Dr. Nikezic por proporcionarnos los códigos en Fortan de los programas de cálculo de la dosis que han servido como base fundamental para la versión actualizada siguiendo ICRP137.

Así mismo, agradecer a Nuria Fontova que en el marco de su trabajo final de grado ha desarrollado la interfaz gráfica para usuarios en Python (Radon Dose Calculator)

