

REGLAMENTO DE FUNCIONAMIENTO

INSTALACIÓN RADIATIVA

DE LA UNIVERSIDAD DE ALCALA (IR 1290)

TODA PERSONA QUE QUIERA TRABAJAR CON ISÓTOPOS RADIATIVOS HA DE DARSE DE ALTA COMO PERSONAL EXPUESTO EN LA INSTALACIÓN RADIATIVA.

TODA PERSONA QUE TRABAJE CON RADIATIVIDAD, DEBE CONOCER EL CONTENIDO DEL PRESENTE REGLAMENTO Y APLICARLO CORRECTAMENTE.

LOS ACCIDENTES O INCIDENTES OCURRIDOS POR INCUMPLIMIENTO DEL MISMO, Y SUS CONSECUENCIAS, SON RESPONSABILIDAD EXCLUSIVAMENTE DEL USUARIO O DEL INVESTIGADOR RESPONSABLE.

-ÍNDICE-

1. OBJETO DEL REGLAMENTO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

2. PERSONAL, SU CLASIFICACIÓN Y LÍNEA DE AUTORIDAD

2.1. Clasificación del personal

2.1.1. Clasificación

2.1.2. Aplicación a nuestra Instalación

2.2. Licencias del personal

2.3. Línea de autoridad y responsabilidad y funciones asociadas

3. ZONAS DE TRABAJO CON RADIONUCLEIDOS. CLASIFICACIÓN

3.1. Clasificación de los lugares de trabajo

3.2. Señalización de las distintas zonas

3.3. Aplicación a nuestra Instalación

4. VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE ÁREAS

4.1. Vigilancia de la radiación

4.2. Vigilancia de la contaminación superficial

4.2.1. Periodicidad de las medidas de contaminación

4.2.2. Formas de realizar las medidas

4.3. Registro y archivo de los datos

5. NORMAS DE ACCESO, PERMANENCIA Y TRABAJO EN ZONAS CON SIGNIFICADO RADIOLÓGICO

5.1. Normativa de aplicación al personal

5.1.1. Altas de personal

5.1.2. Formación del personal

5.1.3. Bajas de personal

5.2. Normas de acceso y permanencia en las distintas zonas

5.3. Normas generales de trabajo

5.3.1. A nivel personal

5.3.2. A nivel de puesto de trabajo

5.3.3. En caso de derrame o accidente

5.4. Normas de trabajo en las distintas zonas

5.4.1. Normas de utilización de Cámaras calientes

5.4.2. Normas de trabajo en los laboratorios

5.4.3. Normas de trabajo con animales

5.4.4. Normas de funcionamiento de los aparatos de rayos X ubicados en el C.A.I. de Química

5.4.5. Normas de funcionamiento del aparato de rayos X ubicado en las dependencias centrales de la Instalación Radiactiva

5.4.6. Normas de funcionamiento de los contadores

5.4.7. Otros usos de la Instalación

6. RADIONUCLEIDOS EN LA INSTALACIÓN

6.1. Radionucleidos autorizados

5.1.1. Fuentes no encapsuladas y actividades máximas autorizadas en la IR1290

5.1.2. Fuentes no encapsuladas y actividades máximas permitidas en los laboratorios autorizados

5.1.3. Fuentes encapsuladas autorizadas

6.2. Fichas técnicas de los distintos isótopos

7. NORMAS Y MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN

7.1. Normas de descontaminación

7.1.1. En cuanto a la contaminación de superficies y objetos

7.1.1.1 Métodos de descontaminación superficial

7.1.1.2. Agentes descontaminantes

7.1.2. En cuanto a la contaminación de las personas

7.1.3. Información importante

8. VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS

8.1. Determinación de la dosis por radiación externa. Dosimetría personal

8.2. Determinación de la dosis por contaminación interna

8.3. Vigilancia médica

8.4. Historial médico dosimétrico

9. VIGILANCIA Y CONTROL DE FUENTES Y MATERIAL RADIATIVO

9.1. Adquisición

9.2. Recepción

9.3. Inventario y almacenamiento

9.3.1. A nivel de producto

9.3.2 A nivel de isótopo

9.4. Traslados del material radiactivo

9.5. Gestión de materiales residuales con contenido radiactivo

9.5.1. Caracterización

9.5.2. Clasificación

9.5.3. Segregación. Criterios

9.5.4. Blindajes

9.5.5. Señalización

9.5.6. Transporte interno

9.5.7. Recepción de residuos

9.5.8. Almacén de residuos

9.5.9. Tiempos de almacenamiento

9.5.10. Registro de almacenamiento de residuos

9.5.11. Evacuación de residuos

10. INSTRUCCIÓN TÉCNICA SOBRE NOTIFICACIÓN DE SUCESO

10.1. Notificación de sucesos al CSN

10.1.1. Sucesos notificables en una hora

10.1.2. Sucesos notificables como máximo en 24 horas

10.1.3. Modo de realizar la notificación

10.2. Notificación de deficiencias

11. VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

11.1. Calibración de los monitores de radiación y ensayos de respuesta a una actividad superficial para los monitores de contaminación

11.2. Verificaciones periódicas de los monitores de radiación y contaminación

11.3. Registros

12. PLAN DE EMERGENCIA

12.1. Actuación ante un incidente/accidente radiológico

13. OTROS DATOS DE INTERES

13.1. Ubicación del reglamento

13.2. Personal con acceso al reglamento

13.3. Revisión del reglamento

13.4. Legislación española en materia de radioprotección

13.4.1. Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes

13.5. Efectos de las radiaciones ionizantes

13.5.1. Excitación e ionización

13.5.2. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

13.5.2.1. Efectos somáticos y efectos hereditarios

13.5.2.1.1. Efectos somáticos deterministas o directos

13.5.2.1.2. Efectos somáticos estocásticos o aleatorios

13.5.2.2. Efectos inmediatos y efectos retardados

13.5.2.2.1. Efectos inmediatos

13.5.2.2.2. Efectos retardados

1.- OBJETO DEL REGLAMENTO Y AMBITO DE APLICACIÓN

El presente Reglamento, tiene por objeto dar a conocer a todos los usuarios de la instalación radiactiva de la Universidad de Alcalá (IR-1290) la información necesaria y las normas básicas para una manipulación de radionucleidos, minimizando los riesgos tanto para el propio usuario como para el resto de las personas y el entorno.

Para ello, hay que respetar los siguientes principios:

- **Justificación:** Los diferentes tipos de actividades o prácticas que impliquen un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes deben de estar previamente justificados por las ventajas que proporcionen.
- **Optimización:** Todas las exposiciones a radiaciones ionizantes se mantendrán de forma tal que la dosis recibida sea lo más baja posible.
- **Limitación de dosis:** El establecimiento de unos límites de dosis para el personal expuesto y miembro del público es un requisito imprescindible para asegurar una protección adecuada. Estos límites se incluirán más adelante

El ámbito de aplicación del presente reglamento incluye a todas las dependencias de la IR-1290 y a los usuarios que las utilicen.

2.- PERSONAL, SU CLASIFICACIÓN Y LINEA DE AUTORIDAD

2.1. CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL

2.1.1. CLASIFICACIÓN

Según el Reglamento de Protección sanitaria contra Radiaciones ionizantes, podemos diferenciar entre:

- **Miembros del público**, definidos como personas de la población, con excepción de los trabajadores expuestos y las personas en formación y estudiantes, durante sus horas de trabajo. El límite de dosis efectiva en un año oficial para ellos es de 1 mSv. No obstante en circunstancias especiales, el Consejo de Seguridad Nuclear podrá autorizar un valor de dosis efectiva más elevado en un único año oficial, siempre que el promedio durante cinco años oficiales consecutivos no sobrepase 1 mSv por año oficial.
- **Personas en formación y estudiantes**, definidos como toda persona que, no siendo trabajador, recibe formación o instrucción en el seno o fuera de una empresa para ejercer un oficio o profesión, relacionado directa o indirectamente con actividades que pudieran implicar exposición a radiaciones ionizantes. Aquí se establecen dos grupos de personas:
 - o **Mayores de 18 años** que, durante sus estudios, tengan que utilizar fuentes radiactivas. El límite de dosis efectiva será el mismo que para los trabajadores expuestos cuyos datos se reflejan más abajo.
 - o **Con edad comprendida entre los 16 y 18 años** que, durante sus estudios, tengan que utilizar fuentes radiactivas. El límite de dosis efectiva será de 6 mSv por año oficial.
- **Trabajadores expuestos**, definidos como aquellas personas sometidas a una exposición a causa de su trabajo derivada de las prácticas a las que se refiere el Reglamento de Protección Sanitaria contra la Radiación Ionizante que pudieran entrañar dosis superiores a alguno de los límites de dosis para los miembros del público. El límite de dosis efectiva para los trabajadores expuestos será de 100 mSv durante todo el periodo de 5 años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial.

Por razones de vigilancia y control radiológico podemos diferenciar dos categorías:

- o **Categoría "B"**: pertenecen a esta categoría aquellas personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial o a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.
- o **Categoría "A"**: pertenecen a esta categoría aquellas personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, pueden recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.
- **Mujeres embarazadas o en periodo de lactancia**. Tan pronto como una mujer embarazada comunique su estado, la protección del feto deberá ser comparable a la de los miembros del público. Por ello, las condiciones de trabajo de la mujer embarazada serán tales que la dosis equivalente al feto sea tan baja como sea razonablemente posible, de forma que sea improbable que dicha dosis exceda de 1 mSv, al menos desde la comunicación de su estado hasta el final del embarazo.

Desde el momento en que una mujer, que se encuentre en periodo de lactancia e informe de su estado, no se le asignarán trabajos que supongan un riesgo significativo de contaminación radiactiva. En tales supuestos deberá asegurarse una vigilancia adecuada de la posible contaminación radiactiva de su organismo.

2.1.2. APLICACIÓN A NUESTRA INSTALACIÓN

En nuestra Instalación, todo el personal está encuadrado en una de las siguientes categorías:

- **Miembros del público:** personas que trabajan con cantidades de radionucleidos consideradas exentas, o, personas que no trabajan con radionucleidos, pero desarrollan su trabajo en dependencias en las que sí se trabaja con ellos o en las anexas a ellas.
- **Trabajadores profesionalmente expuestos de Categoría "B":** personas que trabajan con radionucleidos, en cantidad superior a las consideradas exentas.
- **Personas en formación y estudiantes mayores de 18 años:** Personas que pueden trabajar con radionucleidos, en cantidades más altas de las exentas durante su formación, cuando tales trabajos o prácticas se lleven a cabo bajo la dirección y en presencia de un Operador o Supervisor.
- En determinados momentos pueden existir en nuestra Instalación **mujeres embarazadas o en periodo de lactancia** que deberán comunicar su situación, inmediatamente después de conocer su situación, al personal de la instalación, que tomará las medidas oportunas para cumplir la legislación vigente.

2.2. LICENCIAS DEL PERSONAL DE OPERACIÓN

El reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, establece, para el personal de las instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales, la existencia de dos tipos de licencias:

- o **Licencia de operador**, que capacita para la manipulación de materiales o equipos productores de radiaciones ionizantes conforme a procedimientos e instrucciones preestablecidos.
- o **Licencia de supervisor**, que capacita para dirigir y planificar el funcionamiento de una instalación radiactiva y las actividades de los operadores.

En nuestra instalación hay:

- o Como mínimo una persona con licencia de Supervisor, en las dependencias centrales
- o Una persona con licencia de Supervisor u Operador en cada laboratorio autorizado a trabajar con actividades superiores a las consideradas exentas

2.3. LÍNEA DE AUTORIDAD Y RESPONSABILIDAD Y FUNCIONES ASOCIADAS

El **titular** de la Instalación Radiactiva IR-1290 es la Universidad de Alcalá.

La línea de autoridad, en orden decreciente, responsabilidad y funciones asociadas a los diferentes estamentos de personal de ésta instalación, son los siguientes:

1. Rector de la UAH

- Como representante de la Universidad, tiene la máxima responsabilidad civil.
- Debe velar por el cumplimiento de la Legislación vigente, en materia de Instalaciones Radiactivas y Protección Radiológica.

2. Vicerrector de Investigación: En él se han delegado las competencias necesarias para el buen funcionamiento de la Instalación Radiactiva, como Centro de Apoyo a la Investigación en la Universidad de Alcalá. Por ello, es responsable de que en la misma se cumplan:

- Las especificaciones de la autorización de la Instalación Radiactiva de la Universidad de Alcalá, poniendo los medios necesarios para su cumplimiento.

- Las normas establecidas en el Reglamento de Funcionamiento de la Instalación.
- Las disposiciones vigentes sobre instalaciones radiactivas y que se instruya e informe al personal en los aspectos relacionados con dichas materias.
- Asimismo, es el responsable de la gestión, utilización y mantenimiento de la I.R.
- Está obligado a facilitar el acceso, la documentación y los medios necesarios en las inspecciones que realicen los funcionarios del Consejo de Seguridad Nuclear a la I.R.
- En definitiva, hará que se cumpla la Legislación vigente, en materia de Instalaciones Radiactivas y Protección Radiológica.

3. Director de la Instalación Radiactiva (en este momento el director de la Instalación Radiactiva es el Director del Centro de Apoyo a la Investigación Medicina-Biología) Aunque la responsabilidad final no puede delegarse, el Vicerrector de Investigación ha atribuido al Director de la I.R. la autoridad necesaria para:

- velar por el cumplimiento de las normas establecidas en el Reglamento de Funcionamiento de la I.R.
- ejercer las funciones necesarias para el cumplimiento operativo de las responsabilidades antes indicadas dotándole de los medios necesarios para ello, tanto humanos como materiales.

4. Supervisores de las dependencias centrales de la Instalación: Aunque en apartados posteriores se hace referencia a las distintas funciones de estos supervisores es conveniente reseñar que conforme al Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, el supervisor es el responsable directo del funcionamiento de la I.R., esta capacitado para dirigir las actividades de los usuarios de material radiactivo, estando obligado a cumplir y hacer cumplir las especificaciones, Reglamento de Funcionamiento, Plan de Emergencia y cualquier otro documento oficialmente aprobado.

5. Supervisores y Operadores de los laboratorios autorizados: Sus funciones y responsabilidades están establecidas en el apartado 5.

6. Demás usuarios que realicen alguna actividad con radiaciones ionizantes: Sus funciones y responsabilidades quedan establecidas fundamentalmente en el apartado 5.

3.- ZONAS DE TRABAJO CON RADIONUCLEIDOS. CLASIFICACIÓN.

Como en el punto anterior, nos referimos al Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, para encontrar la siguiente clasificación de los lugares de trabajo y la forma de señalarlas:

3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS LUGARES DE TRABAJO

- **Zona controlada:** Es aquella zona en la que:
 - Exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades para los trabajadores expuestos.
 - Sea necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición a la radiación ionizante, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias.
 - Además, las zonas controladas se podrán subdividir en las siguientes:
 - **Zonas de permanencia limitada:** Son aquellas en las que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis establecida para los trabajadores expuestos.
 - **Zona de permanencia reglamentada:** Son aquellas en las que existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis fijados para los trabajadores expuestos y que requieren prescripciones especiales desde el punto de vista de la optimización.
 - **Zonas de acceso prohibido:** son aquellas en las que existe el riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites de dosis fijados para los trabajadores expuestos.
- **Zona vigilada:** Es aquella zona en la que, no siendo zona controlada, exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades para los trabajadores expuestos.

3.2. SEÑALIZACIÓN DE LAS DISTINTAS ZONAS (ANEXO I)

El **riesgo** radiológico está señalado mediante la utilización de su símbolo internacional, un trébol enmarcado por una orla rectangular del mismo color del símbolo y de la misma anchura que el diámetro de la circunferencia interior de dicho símbolo.

El **tipo de zona** de la que se trata, viene indicado por el color del trébol y de la orla:

- En las *zonas controladas*, el trébol es de color **verde** sobre fondo blanco
 - En las *zonas de permanencia limitada*, el trébol es de color **amarillo** sobre fondo blanco
 - En las *zonas de permanencia reglamentada*, el trébol es de color **naranja** sobre fondo blanco
 - En las *zonas de acceso prohibido*, el trébol es de color **rojo** sobre fondo blanco
- En las *zonas vigiladas*, el trébol es de color **gris** sobre fondo blanco.
- Las zonas de libre acceso no necesitan señalización

El **tipo de riesgo** se indica de la siguiente forma:

- Riesgo de *irradiación*: el trébol general estará rodeado de *puntas radiales*
- Riesgo de *contaminación*: el trébol general estará situado sobre un *campo punteado*.

3.3. APLICACIÓN A NUESTRA INSTALACIÓN

Según dijimos en el punto anterior, los usuarios de nuestra Instalación se pueden englobar dentro de los siguientes grupos: o miembro del público o trabajador profesionalmente expuesto de categoría "B". Por lo tanto, en ningún lugar de nuestra Instalación se deben poder recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel o las extremidades para los trabajadores expuestos. Según las dosis recibidas por los usuarios de la instalación, sólo deberían existir zonas vigiladas en nuestras dependencias. A pesar de ello, consideraremos las Cámaras calientes (β y γ) y el almacén de residuos, todas ubicadas en las dependencias centrales de nuestra instalación, como zonas controladas, pues en ellas es donde se acumulan y manejan las mayores cantidades de radionucleidos.

La clasificación de las distintas zonas es susceptible de variación por parte de los supervisores de la instalación de acuerdo con la evaluación de las dosis anuales previstas y el riesgo de dispersión de la contaminación.

La clasificación de las zonas de trabajo, queda por tanto de la siguiente forma:

- Dependencias centrales de la Instalación:
 - Laboratorio de Manipulación y Lavado: zona vigilada
 - Cámara fría: zona vigilada
 - Cuarto de contadores β : zona libre acceso
 - Cuarto de contadores γ : zona libre acceso
 - Cámara caliente β : zona controlada
 - Cámara caliente γ : zona controlada
 - Animalario, aparato de rayos X: zona vigilada
 - Almacenes de residuos: zona controlada
- Otras dependencias:
 - Laboratorios con aparatos de rayos X: zonas vigiladas
 - Laboratorios autorizados a manipular y almacenar pequeñas cantidades de radionucleidos: como medida preventiva, deberíamos considerarlos como zonas vigiladas. Esto es posible, en aquellos laboratorios dedicados exclusivamente para tales fines; pero dichos laboratorios son minoritarios, siendo más usual que sólo una zona del laboratorio se dedique a estos trabajos, mientras que en el resto se trabaja con material "frío", por lo que se deben extremar las medidas de seguridad y los blindajes, para poder considerarlos como zonas no radiactivas. Solo las zonas de estos laboratorios comunes que se dedican a trabajos con radionucleidos tendrán la calificación de zona vigilada
 - Laboratorios que trabajan con cantidades exentas: son zonas no radiactivas, por lo que se considerarán como zonas de libre acceso, sin señalizar.

Salvo en los laboratorios dedicados exclusivamente a trabajos con aparatos de rayos X, en los que la señalización indicará solo riesgo de irradiación, en las demás dependencias la señalización indicará riesgo de contaminación e irradiación.

4.- VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE ÁREAS

La vigilancia radiológica de áreas, se efectuará periódicamente, tanto por parte de los usuarios, como por el personal de la Instalación. Dicha vigilancia debe comprender:

- vigilancia de la radiación
- vigilancia de la contaminación superficial.

4.1.- VIGILANCIA DE LA RADIACIÓN

Esta vigilancia se realizará mediante los dosímetros de área y los monitores portátiles adecuados.

En nuestra Instalación, existen varios monitores para realizar estas medidas:

- Monitor RAM DA-3 y RAM DA-3 2000 de la marca Rotem Industries LTD con la sonda IC-10B (cámara de ionización).
- Monitor Mini.Instrument serie 900 (Geiger-Müller).
- Monitor Xetex 305B.

4.2.- VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN SUPERFICIAL

Esta vigilancia se debe realizar mediante los monitores de contaminación, adecuados para el isótopo de que se trata.

En nuestra Instalación, aparte de los monitores de que disponen los laboratorios, contamos con los siguientes:

- Monitor Ludlum, Modelo 2, con una sonda GM modelo 44-7, utilizada para isótopos emisores beta.
- 2 Monitores Mini Instruments, modelo 900, con una sonda de centelleo sólido modelo 44A, utilizada para isótopos emisores gamma.
- Monitor Rotem, modelo RAM DA-3 y RAM DA-3 2000, con las siguientes sondas:
 - sonda GM, modelo GM-10, utilizada para emisores beta.
 - sonda de centelleo sólido, modelo PM-10, utilizada para 125I.
- Monitor Berthold modelo LB 122 (Proporcional)
- Monitor Rotem modelo RAM GENE

La contaminación superficial de compuestos marcados con isótopos que emiten radiación de baja energía tales como el ^3H , prácticamente indetectable con todos los monitores descritos anteriormente, se realiza mediante "frotis", pasando un papel humedecido en agua, etanol u otro líquido, por la superficie a controlar. Posteriormente se mide su actividad en un contador de centelleo líquido, tras añadirle líquido de centelleo.

4.2.1.- PERIODICIDAD DE LAS MEDIDAS DE CONTAMINACIÓN

Todos los laboratorios de las dependencias centrales de la instalación, así como algunos laboratorios autorizados a trabajar con actividades más altas de las exentas, disponen de monitores de contaminación portátiles. Aquellos laboratorios que necesítandolo no disponen de el lo pueden pedir al personal de la instalación, que de forma transitoria se lo prestará.

Es **obligatorio** efectuar **chequeos** del mobiliario (vitrinas, mesas de trabajo, etc), equipos e instrumentos y en general de todo el material utilizado, con los monitores adecuados **antes y después** de cada manipulación.

Si se encontrase alguna contaminación antes de empezar a trabajar, se avisará al responsable (supervisor u operador) para que tome las medidas oportunas.

Después de finalizar las manipulaciones previstas es **obligatorio, y responsabilidad del usuario**, el **control** de la contaminación **de todos los objetos y superficies utilizados**, para lo cual se realizará un chequeo, con los monitores oportunos, de todas las superficies de trabajo u objetos que se hayan usado. También se revisará la superficie corporal del usuario, sobre todo las manos. Si alguna superficie estuviera contaminada es responsabilidad del usuario su descontaminación inmediata.

Los supervisores de la instalación harán revisiones periódicas de las superficies de los laboratorios y su instrumental.

La periodicidad antes indicada, es válida en caso de normalidad en las condiciones de trabajo. Cualquier incidente/accidente, que haga sospechar una contaminación, implicará la necesidad de efectuar una revisión por parte del usuario. En el caso de que en una revisión se detecte algún foco de contaminación, deberá repetirse la revisión, tras cada intento de descontaminación (para comprobar su eficacia), hasta que se logre la descontaminación total o se llegue a la conclusión de que es imposible avanzar más en la descontaminación, con lo que se tomará nota y se señalará como superficie contaminada, indicando la contaminación existente y se tomarán las medidas oportunas que se señalaran más adelante.

4.2.2.- FORMAS DE REALIZAR LAS MEDIDAS

- Medidas directas:

- utilizar un monitor de contaminación con sensibilidad adecuada a los radionucleidos a detectar, según se muestra en la tabla adjunta:
- comprobar el estado de las baterías del equipo
- conocer el fondo del equipo. Para ello, colocar la sonda dirigida hacia un lugar donde no exista contaminación de forma que su lectura sea la del fondo
- cada vez que se ejecute con las manos una operación que implique un riesgo de contaminación, se chequearán éstas. Solo si siguen sin contaminar podremos tocar el detector o las demás herramientas de trabajo. En caso contrario desecharemos los guantes en su contenedor correspondiente y cogeremos otros nuevos
- tengan mucho cuidado para no contaminar el monitor. No pongan la ventana de la sonda del monitor en contacto con las posibles superficies contaminadas. Es aconsejable cubrir esta ventana con "parafilm" o algo similar. De esta forma, si a pesar de las precauciones reseñadas, se produjera una contaminación de la ventana de detección, ésta se quitaría fácilmente retirando el film y poniendo otro nuevo en su lugar

Tipo de emisión	Tipo de monitor
γ	Centelleo sólido
β alta energía	Geiger-Müller o proporcional
β baja energía	No se detectan

- Medidas indirectas (frotis)

- utilicen doble par de guantes
- utilicen papel de filtro impregnado en agua, líquido descontaminante o alcohol
- pásenlo por la superficie a medir
- introduzcan el papel en un vial y adicione líquido de centelleo para emisores beta. Si se trata de un emisor gamma se mide directamente
- medir en el contador de centelleo adecuado

4.3.- REGISTRO Y ARCHIVO DE LOS DATOS

En la Instalación se dispondrá de un cuaderno con el título "Vigilancia radiológica de áreas", donde se archivarán los resultados de las medidas que, el personal de la instalación, realizará periódicamente en todas las dependencias.

Al efectuar una revisión, se apuntará las medidas obtenidas, en el lugar correspondiente. En caso de zonas o puntos contaminados, apuntará la contaminación detectada y la medida tras la descontaminación.

En el "Diario de operación", se reflejará una vez al mes el número de revisiones efectuadas por el personal de la Instalación, con un breve comentario si hubiese algo que resaltar.

Los laboratorios autorizados a trabajar con radionucleidos en cantidades más altas de las exentas, dispondrán de un cuaderno de operación en el que se reflejarán las revisiones (mensuales como mínimo) que se lleven a cabo.

No se anotarán los efectuados por los usuarios antes y después de cada actuación en ninguno de los casos anteriores.

5.- NORMAS DE ACCESO, PERMANENCIA Y TRABAJO EN ZONAS CON SIGNIFICADO RADIOLÓGICO

5.1 NORMATIVA DE APLICACIÓN AL PERSONAL

Para poder ser usuario de la Instalación Radiactiva será necesario ser personal docente, personal investigador, personal de administración y servicios, becario, colaborador o alumno de tercer ciclo de la Universidad de Alcalá. Las personas ajenas a la Universidad de Alcalá podrán también ser usuarias de esta Instalación Radiactiva siempre que se establezca algún vínculo de colaboración con algún Departamento o Servicio de la Universidad o con la propia Instalación Radiactiva.

5.1.1 ALTAS DE PERSONAL

Para darse de alta como usuario de la Instalación Radiactiva, los supervisores de las dependencias centrales, suministrarán al solicitante una hoja de alta (Anexo II), junto con el Reglamento de Funcionamiento de la Instalación (si no tuviese acceso a alguna copia de las existentes en los laboratorios). El usuario rellenará y firmará la hoja (reconociendo así haber leído y comprendido el Reglamento de funcionamiento) y se la dará a firmar al operador/supervisor o investigador responsable del laboratorio donde trabajará (autorizando al solicitante a ser usuario de la Instalación).

Si el solicitante hubiera sido usuario en otra instalación radiactiva facilitará al personal de la instalación, su Historial Dosimétrico del Centro de Procedencia, o firmará una solicitud dirigida a dicho Centro para obtenerlo.

5.1.2 FORMACIÓN DEL PERSONAL

La formación del personal de nuevo acceso consistirá en la lectura del Reglamento de funcionamiento, donde se incluyen los siguientes apartados:

- Riesgos radiológicos asociados al trabajo con radiaciones ionizantes
- Normas y procedimientos de protección radiológica y precauciones a adoptar
- Obligación, en el caso de mujeres, de informar si está embarazada o en periodo de lactancia, para tomar las medidas oportunas

Como ya se indicó al hablar de las altas, en la hoja de alta se hace mención expresa a que el usuario reconoce haberlo leído y haberlo comprendido.

Además, con carácter bienal (siempre que sea factible) se impartirá un curso de operadores al que podrá asistir el personal dado de alta que no lo haya realizado anteriormente. Si por cualquier circunstancia este curso no se pudiera realizar se llevarán a cabo sesiones formativas personalizadas o en grupos reducidos.

Por último, cuando sea preciso, se enviará a los usuarios de la Instalación un comunicado, en la que se incluirán los siguientes temas:

- novedades en la legislación española con referencia a trabajos con radiaciones ionizantes
- cambios realizados en el Reglamento de Funcionamiento de la Instalación
- recuerdo de las normas de radioprotección incluidas en el Reglamento de Funcionamiento, con especial insistencia en aquellas que no se han observado debidamente
- problemas, incidentes y accidentes ocurridos en la Instalación en los dos años anteriores (desde el último comunicado).

De todas estas actuaciones, se guardarán registros:

- Esquema de las sesiones formativas
- Personas que asisten

- Copia de los comunicados
- Listado del personal a que se envía los comunicados

No obstante, los supervisores de las dependencias centrales prestarán asesoramiento teórico y práctico sobre manipulación de fuentes radiactivas y protección radiológica, en cualquier momento, a todas las personas que se lo soliciten o que ellos crean necesario.

5.1.3 BAJAS DEL PERSONAL

La baja del personal puede producirse por los siguientes motivos:

- voluntad del usuario al cesar en trabajos con radiaciones ionizantes
- decisión del responsable de investigación del laboratorio donde trabaja
- cese de la relación del usuario con la Universidad
- ante el incumplimiento grave o reiterado de las normas del Reglamento de Funcionamiento, por decisión de los supervisores de la instalación (con el visto bueno del Director de la Instalación Radiactiva o del Vicerrectorado de Investigación)

En todos los casos, se deberá rellenar una hoja de baja (Anexo II) que se adjuntará al historial médico dosimétrico. Dicha hoja deberá ir firmada bien por el usuario, por el operador/supervisor responsable (o responsable de investigación) del laboratorio, o por un supervisor de la Instalación.

Si el usuario lo solicita, se le entregará una copia de su Historial Dosimétrico.

5.2 NORMAS DE ACCESO Y PERMANENCIA EN LAS DISTINTAS ZONAS

El acceso y permanencia a las dependencias centrales de la instalación esta restringido a las personas debidamente autorizadas. Su control es realizado por los supervisores de la Instalación. Las zonas controladas, cuando no estén siendo utilizadas, permanecerán cerradas con llave.

En el resto de laboratorios distribuidos por los distintos edificios, el acceso y permanencia en las zonas radiológicas está controlado por los operadores/supervisores responsables o por el jefe del laboratorio.

5.3. NORMAS GENERALES DE TRABAJO

La manipulación de productos radiactivos la han de llevar a cabo personas formadas y autorizadas para esta actividad. Todos los que utilicen isótopos radiactivos han de tener conocimiento de los riesgos que implica el trabajo con radionucleidos y los medios existentes para minimizarlos

Como normas generales para la manipulación de sustancias radiactivas hemos de tener en cuenta los siguientes principios para reducir lo máximo posible la irradiación:

- Utilizar la mínima actividad, compatible con el experimento.
- Estar expuesto a la radiación el mínimo tiempo posible.
- Alejarse lo máximo posible de la fuente emisora (coloque ésta lo más cerca posible de la protección que use, para minimizar la radiación al espacio).
- Blindaje: Además de la combinación de espacio y tiempo, es aconsejable interponer una barrera de material absorbente entre la fuente y el usuario:
 - Para emisores beta se utilizarán pantallas de PVC o metacrilato (materiales formados por átomos de elementos de bajo número atómico), de un espesor que dependerá de la actividad manejada y del isótopo utilizado. En los casos de isótopos de alta energía, es necesario interponer un blindaje suplementario de plomo, para detener la radiación de frenado producida en el primer blindaje.
 - Para emisores gamma, se utilizarán pantallas de un material formado por átomos de elementos de alto número atómico (generalmente plomo o vidrio plomado).

5.3.1.- A NIVEL PERSONAL

- Usar siempre bata de laboratorio.
- Usar siempre doble guante, verificando periódicamente la ausencia de contaminación; en caso de existencia de contaminación, sustituir.
- No pipetear con la boca. Usar pipetas automáticas o, si los volúmenes lo hacen necesario utilizar otros dispositivos de uso común en laboratorios de investigación.
- No fumar ni ingerir alimentos durante el tiempo de uso del isótopo. Queda teminántemente prohibido introducir en las zonas de trabajo alimentos y bebidas
- Usar vitrinas en caso de utilización de productos volátiles o que puedan generarse durante el experimento.
- Utilizar el blindaje adecuado.
- Llevar puesto el dosímetro cuando sea necesario.
- Tener a mano un detector, siempre que sea necesario.
- Tener a disposición los contenedores de residuos radiactivos necesarios.
- Comprobar con los detectores adecuados que no se está contaminado.
- Aplicar las instrucciones específicas para el isótopo que se esté utilizando.
- Es aconsejable llevar el pelo largo recogido.
- Mantener la cara protegida, especialmente los ojos. Para ello es conveniente trabajar detrás de una pantalla o utilizar gafas de protección

5.3.2.- A NIVEL DE PUESTO DE TRABAJO

- Restringir el trabajo con radiactividad a una zona determinada del laboratorio.
- Usar siempre doble sistema de contención (trabajar sobre una bandeja contenida en otra mayor).
- Cubrir el área de trabajo con papel plastificado.
- Durante la manipulación, antes de tocar algo, verificar que no existe contaminación en los guantes, con el monitor adecuado, para evitar contaminar lo que se toque.
- Comprobar la ausencia de contaminación, antes, durante y después de la manipulación, utilizando un monitor adecuado. En caso de trabajar con isótopos no detectables con monitores, utilizar frotis.
- En el caso de que se detecte una contaminación se procederá a la descontaminación de forma inmediata
- No permitir en el entorno de trabajo visitas ni reuniones.
- Es aconsejable utilizar material desechable en todas las manipulaciones
- Restringir, en la medida de lo posible, el uso de material de vidrio.
- Es obligatorio el uso de líquido de centelleo biodegradable.
- Registrar todas las operaciones realizadas con material radiactivo
- Eliminar los residuos de forma adecuada, según las normas establecidas.
- En ningún caso se pueden depositar objetos punzantes como agujas, pipetas Pasteur, etc. en bolsas de plástico, debido al peligro de que éstas se rasguen. Deben depositarse en contenedores rígidos para sólidos

5.3.3. EN CASO DE DERRAME O ACCIDENTE

- Conservar la calma.
- Evitar que se extienda más.
- Aislar el área contaminada, señalizarla y restringir el acceso.
- Poner un cartel de peligro en la puerta del laboratorio.
- Notificarlo inmediatamente a los responsables de la Instalación.
- Recoger con un material absorbente
- Lavar el área contaminada con agua y detergente o disolvente adecuados, procurando evitar en todo momento que aumente el área contaminada
- Comprobar que tras la limpieza no queda contaminación.

- El material utilizado en la descontaminación, se considerará residuo radiactivo y se tratará como tal.

LOS MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN, SON TRATADOS MAS EXHAUSTIVAMENTE, EN EL APARTADO 7 DE ESTE REGLAMENTO.

5.4. NORMAS DE TRABAJO EN LAS DISTINTAS ZONAS

5.4.1. NORMAS DE UTILIZACIÓN DE CÁMARAS CALIENTES

Cualquier manipulación cuya cantidad exceda a la permitida en los laboratorios no ubicados en las dependencias centrales, se realizará en la cámara caliente correspondiente, del edificio de isótopos.

Para utilizar las cámaras calientes hay que:

- Reservar previamente día y hora para su uso, intentando ajustarse en lo posible al horario de apertura de la Instalación, indicando el tiempo aproximado de trabajo. La reserva se solicitará al personal de la Instalación que la anotará en el cuadrante correspondiente.
- Ser usuario de la Instalación Radiactiva. La llave de las Cámaras se encuentra en el despacho de las dependencias centrales. No podrán ser utilizada sin el conocimiento de los supervisores.
- Tras verificar el buen funcionamiento del monitor de contaminación existente en la Cámara, se comprobará la ausencia de contaminación en la misma.
- El usuario deberá llevar el material necesario para la manipulación (puntas, tubos, ...).
- Respetar todas las normas de uso general y las específicas para el radionucleido y la sustancia a manipular.
- Es aconsejable el uso de dosímetro personal, salvo en el caso de que se trabaje con isótopos indetectables por el.
- El material radiactivo utilizado, debe reflejarse en la "ficha del producto" (anexo III), archivada en el "cuaderno de almacén" de la Cámara correspondiente. Si fuese necesario, deberá abrir una ficha (del marcaje o alicuotación) (anexo III) y archivarla en el mismo cuaderno (ver vigilancia y control de material radiactivo).
- Tanto las muestras radiactivas que salgan de la cámara caliente (para su posterior manipulación en el laboratorio), como las que se vayan a almacenar en ella, deberán estar debidamente apantalladas.
- Cada usuario se responsabilizará de los residuos que genere y los tratara como se indica en el apartado correspondiente.
- Los usuarios deberán cumplimentar una ficha donde figuren todos los datos referentes a la manipulación realizada (anexo III).
- Antes de devolver la llave a la Instalación, el usuario debe verificar la ausencia de contaminación. En caso de existencia, deberá proceder a su eliminación inmediata.
- Para evitar posteriores responsabilidades, el usuario debe obtener del personal de la Instalación el visto bueno, tras la revisión efectuada.

5.4.2. NORMAS DE TRABAJO EN LOS LABORATORIOS

Podemos diferenciar dos tipos de laboratorios, en función de las cantidades de actividades radiológicas que en ellos se van a manipular:

- Laboratorios autorizados a manejar cantidades superiores a las exentas de los diferentes radionucleidos. Las cantidades máximas que podrán manejar serán las autorizadas en cada caso por el Consejo de Seguridad Nuclear. Las cantidades mínimas que podrán manejar y almacenar son las especificadas como cantidades exentas en la tabla A del Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. Real Decreto 1836/1999 (BOE 31 de diciembre de 1999).

- Laboratorios normales, que trabajan con cantidades exentas de los diferentes radionucleidos. Las cantidades máximas que se podrán manejar en estos laboratorios son las descritas en la siguiente tabla:

Isótopo	Actividad máxima	Isótopo	Actividad máxima	Isótopo	Actividad máxima
³ H	27,0 mCi	³⁵ S	2,7 mCi	⁷⁵ Se	27,0 μCi
¹⁴ C	270,0 μCi	³⁶ Cl	27,0 μCi	⁸⁶ Rb	2,7 μCi
²² Na	27,0 μCi	⁴⁵ Ca	270,0 μCi	¹¹¹ In	27,0 μCi
³² P	2,7 μCi	⁵¹ Cr	270,0 μCi	¹²⁵ I	27,0 μCi
³³ P	2,7 mCi	⁵⁹ Fe	27,0 μCi	¹³¹ I	27,0 μCi
²³⁵⁻²³⁸ U	0,27 μCi				

En los laboratorios normales que trabajan con cantidades exentas de radiactividad, se deben respetar las siguientes normas:

- debe existir una zona claramente delimitada para los trabajos con radiactividad.
- todo el material específico para trabajos con radionucleidos, debe estar señalizado con cinta adhesiva, que indique su condición (material radiactivo) y que lleve visible el trébol radiactivo.
- el laboratorio debe estar provisto del material de radioprotección necesario para las manipulaciones a efectuar.
- cuando se trabaje con materiales radiactivos, se deben respetar todas las normas generales para trabajos con radiactividad y las específicas del isótopo con que se trabaje, reflejadas en el Reglamento de Funcionamiento de la Instalación.
- los materiales residuales con contenido radiactivo generados en el laboratorio, serán evacuados al Almacén General de residuos para su posterior tratamiento.
- mientras estén en el laboratorio, los materiales residuales con contenido radiactivo deben estar debidamente señalizados y apantallados.
- todo el personal que trabaje con radionucleidos, debe estar dado de alta y conocer el Reglamento de Funcionamiento, elaborado por esta Instalación.
- cualquier incidente o situación que pueda conducir a un descenso de las medidas de seguridad, debe ser puesta inmediatamente en conocimiento del personal de la Instalación.

En los laboratorios autorizados, se podrá trabajar con materiales radiactivos y almacenarlos en cantidades más altas de las exentas, siempre que se respeten las siguientes normas:

- debe existir una persona que se responsabilice de los trabajos en el laboratorio, con Licencia de Operador o Supervisor.
- debe existir una zona claramente delimitada para los trabajos con radiactividad, señalizada según proceda.
- todo el material específico para trabajos con radionucleidos, debe estar señalizado con cinta adhesiva, que indique su condición (material radiactivo) y que lleve visible el trébol radiactivo.
- el material radiactivo almacenado en el laboratorio, debe estar constantemente controlado (la cantidad y quién lo utiliza), en frigoríficos o congeladores debidamente señalizados.
- el laboratorio debe estar provisto del material de radioprotección necesario para las manipulaciones a efectuar.
- cuando se trabaje con radionucleidos, se deben respetar todas las normas generales para trabajos con radiactividad y las específicas del isótopo con que se trabaje.
- los materiales residuales con contenido radiactivo generados en el laboratorio, serán evacuados al Almacén General de residuos, periódicamente, para su posterior tratamiento.
- mientras estén en el laboratorio, los materiales residuales con contenido radiactivo deben estar debidamente señalizados y apantallados.
- todo el personal que trabaje con radionucleidos, debe estar dado de alta y conocer este Reglamento de Funcionamiento.

- todo el personal que trabaje con radiactividad, debe tener abierta en la Instalación, una ficha médico-dosimétrica.
- cualquier incidente o situación que pueda conducir a un descenso de las medidas de seguridad, debe ser puesta inmediatamente en conocimiento del personal de la Instalación.
- debe existir un Cuaderno de Operación, en el que se incluyan los apartados que más adelante se relacionan.

El Operador o Supervisor responsable de cada laboratorio, tiene las siguientes funciones:

- deberá tener siempre una copia actualizada del Reglamento de Funcionamiento, a disposición de los usuarios de su Laboratorio
- deberá comprobar que todo el personal de su laboratorio implicado en trabajos con radiactividad, conoce el Reglamento de Funcionamiento
- en el caso de personal de nueva incorporación, deberá:
 - o facilitarle un ejemplar del Reglamento de Funcionamiento, para su lectura
 - o facilitarle una hoja de alta firmada por él como responsable de los trabajos que realice en el laboratorio
 - o apuntarle al primer curso de formación en Protección Radiológica que se realice
 - o supervisar directamente todos los trabajos de dicho personal, hasta que considere que tiene el entrenamiento suficiente para trabajar sólo
- deberá informar al personal de la Instalación de todas las altas y las bajas que se produzcan en el personal que trabaja con radiactividad en su laboratorio, para que éste abra o cierre la correspondiente ficha médico-dosimétrica
- deberá velar para que el laboratorio disponga de las medidas de protección radiológica necesarias para el uso de radioisótopos en el laboratorio
- deberá cumplir y hará cumplir todas las normas contenidas en el Reglamento de Funcionamiento
- deberá mantener actualizado y a disposición de los supervisores de las dependencias centrales el Cuaderno de Operación del laboratorio, que incluirá:
 - o registro de almacenamiento y uso de material radiactivo en el laboratorio
 - o registro de los residuos generados en el laboratorio (cantidad, actividad y fecha de traslado a las dependencias centrales)
 - o registro de altas, bajas y modificaciones del personal expuesto del laboratorio
 - o registro de las revisiones periódicas (de contaminación y radiación) de las zonas de trabajo
- control de los radionucleidos almacenados en su laboratorio, evitando su manipulación por personal no autorizado
- informar al personal de la Instalación una vez al mes, y siempre que se le solicite, de las cantidades de cada radionucleido almacenado en su laboratorio
- control de los residuos generados en su laboratorio, verificando que mientras están en su laboratorio están debidamente apantallados
- deberá verificar que los residuos generados en su laboratorio, son entregados a la Instalación, segregados y acondicionados según las normas fijadas en el Reglamento de Funcionamiento de la Instalación.

5.4.3. NORMAS DE TRABAJO CON ANIMALES

En las Dependencias Centrales de la Instalación existe un pequeño animalario que permite mantener a los animales que sean tratados con productos radiactivos. Las normas de utilización serán las siguientes:

- El mantenimiento de los animales de experimentación en estas instalaciones seguirá las directrices fijadas en el Real Decreto 1201/2005 de 10 de Octubre.

- Los animales deberán ser aportados por el usuario, a través del Centro de Experimentación Animal de la Universidad de Alcalá y será el propio usuario el que se encargue de su mantenimiento.
- Se deben respetar en todo momento las normas generales para trabajos con radiactividad y las específicas del isótopo con que se trabaje.
- Las jaulas con animales que puedan emitir radiaciones, deberán estar debidamente apantalladas.
- El usuario deberá llevar el material necesario para la manipulación (puntas, tubos, ...).
- Todas las superficies y útiles que hay en el animalario, serán chequeados antes, durante y después de cada manipulación; en caso de existir contaminación al final de la manipulación, será responsable el usuario, teniendo obligación de descontaminarlo.
- Todas las muestras que salgan del animalario, deberán ir debidamente apantalladas.
- Cada usuario será responsable de los residuos generados, actuando con ellos como se indica en el punto referente al tratamiento de residuos.
- Los cadáveres de animales, serán introducidos en bolsas de plástico transparentes, y se depositarán en el congelador situado en el almacén de residuos radiactivos.

5.4.5. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO DEL APARATO DE RAYOS X UBICADOS EN LAS DEPENDENCIAS CENTRALES DE LA INSTALACIÓN RADIATIVA

Las dependencias centrales de la instalación radiactiva, tiene entre sus aparatos, un equipo de rayos X para estudios de animales de experimentación, ubicado en el laboratorio destinado a trabajos con animales de experimentación; las normas de funcionamiento de dicho aparato/laboratorio, serán:

- Las puertas del laboratorio estarán cerradas, mientras el aparato esté funcionando.
- El laboratorio debe estar cerrado con llave mientras no esté el personal encargado de su funcionamiento, y debe procurarse que entren solamente las personas que estén realizando el experimento.
- El equipo dispone de una puerta de acceso a la cámara que impide o corta la emisión de rayos X en caso de apertura de la misma mediante el accionamiento de doble sistema detector.
- Tras la interrupción de la emisión de rayos X por entrada en funcionamiento de un sistema de seguridad, el reinicio del mismo solo es posible manualmente desde el panel de control.
- El equipo dispone de señalizaciones luminosas distintas que indican la situación de la emisión, situación de la puerta, tiempo restante, kilovoltios seleccionados, todas ellas adecuadamente identificadas.
- El equipo dispone de etiquetas informativas específicas situadas en puntos concretos del exterior del mismo, orientadas para una fácil visión por el usuario
- El tubo de rayos X está situado en el interior de la carcasa del equipo y no es accesible nada más que para el personal del servicio técnico, utilizando herramientas específicas.
- La emisión finaliza automáticamente una vez terminado el tiempo preseleccionado, momento en el cual se escucha una señal sonora, o puede ser manualmente interrumpida desde el panel de control.
- El laboratorio donde se encuentra ubicado el aparato de rayos X dispone de un dosímetro de área que nos indicará la dosis acumulada con la periodicidad de aproximadamente un mes.

5.4.6. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS CONTADORES

NINGÚN USUARIO DEBE CAMBIAR LOS PROGRAMAS EXISTENTES NI INTRODUCIR NUEVOS PROGRAMAS SIN COMUNICARLO ANTES AL PERSONAL DE LA INSTALACIÓN

Para poder medir muestras en los contadores de centelleo, ubicados en los Cuartos de Contadores de la Instalación Radiactiva, el usuario debe llevar los tubos debidamente protegidos (si fuera necesario). Esto tubos se introducirán en las gradillas correspondientes en el contador a

utilizar y activará el programa de conteo deseado. A continuación, se apuntará en el "Cuaderno de Contadores". Este cuaderno, con un apartado para cada contador, tiene hojas para que el usuario apunte los siguientes datos:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">○ Fecha○ Hora○ Usuario○ Investigador responsable | <ul style="list-style-type: none">○ Teléfono○ Número de tubos○ Número del programa |
|---|--|

Los supervisores de la Instalación podrán cambiar las muestras de contador, cuando las circunstancias lo hagan necesario, aunque procurará respetar el orden de llegada.

Los tubos, una vez leídos, serán sacados del contador y puestos en sus gradillas en una repisa que para tal servicio existe en cada cuarto de contadores. Una vez comprobados los resultados, el usuario está obligado a desecharlos en el contenedor correspondiente y apuntará la actividad total del conteo en la hoja que para tal efecto existe encima de cada contenedor.

5.4.7 OTROS USOS DE LA INSTALACIÓN

Además de en las labores de investigación, la Instalación Radiactiva se podrá utilizar para llevar a cabo actividades docentes relacionadas con los estudios universitarios impartidos por esta Universidad, cursos específicos de la propia Instalación y otros cursos destinados a alumnos de esta Universidad o de otros Centros, previa petición del profesor responsable y bajo la autorización del Director de la Instalación Radiactiva, quien decidirá sobre la posibilidad y conveniencia de su realización en función de las necesidades de los investigadores de la Universidad. Durante las actividades docentes se han de llevar a cabo las medidas de seguridad oportunas, delegándose toda responsabilidad sobre el profesor organizador del curso.

6.-RADIONUCLEIDOS EN LA INSTALACIÓN

6.1. RADIONUCLEIDOS AUTORIZADOS

6.1.1.- FUENTES NO ENCAPSULADAS Y ACTIVIDADES MÁXIMAS AUTORIZADAS EN LA IR-1290

Radioisótopo	Actividad máxima		Radioisótopo	Actividad máxima	
	MBq	mCi		MBq	mCi
³ H	1.850	50	⁵¹ Cr	370	10
¹⁴ C	370	10	⁵⁹ Fe	185	5
²² Na	185	5	⁷⁵ Se	555	15
³² P	1.850	50	⁸⁶ Rb	185	5
³³ P	370	10	¹¹¹ In	185	5
³⁵ S	925	25	¹²⁵ I	925	25
³⁶ Cl	185	5	¹³¹ I	555	15
⁴⁵ Ca	370	10	²³⁵⁻²³⁸ U	*	*

* Hasta 3 kg de uranio natural o sus compuestos

6.1.2. FUENTES NO ENCAPSULADAS Y ACTIVIDADES MÁXIMAS PERMITIDAS EN LOS LABORATORIOS AUTORIZADOS

Radioisótopo	Actividad máxima		Radioisótopo	Actividad máxima	
	MBq	mCi		MBq	mCi
³ H	999	27	⁵¹ Cr	37	1
¹⁴ C	74	2	⁵⁹ Fe	9,25	0,25
²² Na	9,25	0,25	⁷⁵ Se	9,25	0,25
³² P	9,25	0,25	⁸⁶ Rb	9,25	0,25
³³ P	99,9	2,7	¹¹¹ In	9,25	0,25
³⁵ S	99,9	2,7	¹²⁵ I	9,25	0,25
³⁶ Cl	9,25	0,25	¹³¹ I	9,25	0,25
⁴⁵ Ca	37	1	²³⁵⁻²³⁸ U	0,01	0,00027

6.1.3. FUENTES ENCAPSULADAS AUTORIZADAS

Todas las que tenemos forman parte de los contadores de centelleo y otros aparatos de investigación y son:

- Una de ¹³³Ba de 18.8 μCi (696 KBq) en un contador de centelleo (Tricarb. Edificio Isótopos)
- Dos de ¹⁵²Eu de 12 μCi (444 KBq) cada una en un contador de centelleo (Guardian y Winspectral. Edificio Isótopos)

6.2. FICHAS TÉCNICAS DE LOS DISTINTOS ISÓTOPOS

Con este apartado, se intentan dar a conocer las características específicas de cada isótopo, para saber cómo se comporta, las precauciones que debemos tomar,

TRITIO (³H) - Emisor β de baja energía

Datos físicos:

Período de semidesintegración	12,28 años
Máxima energía beta	0,019 MeV (100 %)
Alcance de la radiación beta en el aire	4,7 mm. (aprox.)

Tritio

Z: 1

H-3

A: 3

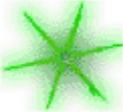
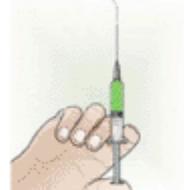
Grupo de riesgo 5

Semiperiodo: 12.3 años

Actividad específica: 3.59E+14 Bq g-1

Emisiones principales (keV)				Niveles de exención	
Gamma o X	Beta (Emax)	Electrones	Alfa	Cantidad (Bq)	1E+09
E	%	E	%	Concentración (Bq g-1)	1E+06
E1		19	100		
E2					
E3					
%om.		0			

Transporte (TBq)	
Valor OIEA ST1 A1	40
Valor OIEA ST1 A2	40

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)				
Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
	10 cm			
	1 m			
	Fotones (piel)			
	10 cm			
	1 m			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm			
	1 m			
		Brehm. Rad.	Brehm. Rad.	Brehm. Rad.

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación		Blindaje (mm)	
Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección	Niveles derivados (Bq cm-2)	Betas y electrones (Absorción total)
Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	Sondas recomendadas*	Contaminación desprendible	Cristal
Gota 0.05 ml (1 kBq)	alfa	2E+04	Plástico
	beta	Contaminación fija	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)
	gamma	2E+06	1/2
	Rayos X		1/10
			Plomo
			Acero

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores					
DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)					
Ingestión	f1	Inhalación (para gases y vapores solubles)			
Aqua tritiada	1	1.8E-11	Hidrógeno elemental	1.8E-15	
Tritio orgánico	1	4.2E-11	Aqua tritiada	1.8E-11	
			Tritio orgánico	4.1E-11	
Órgano de mayor dosis	Todo el cuerpo	ALI ingestión	4.6E+08 Bq	20 mSv	ALI inhalación
					4.9E+08 Bq
					Forma gaseosa 1.1 E +13 (Bq)

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)						
Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos						
ESTADO FÍSICOQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Aqua tritiada	0.01	3E+06	3E+07	1E+07	1E+08	1E+10
Hidrógeno elemental	1	Prohibido	2E+08	Prohibido	5E+08	5E+10

Carbono-14

Z: 6

C-14

A: 14

Grupo de riesgo 4

Semiperiodo: 5730 años

Actividad específica: 1.65E+11 Bq g-1

Emisiones principales (keV)							
	Gamma o X		Beta (Emax)		Electrones		Alfa
	E	%	E	%	E	%	E
E1			157	100			
E2							
E3							
%om.				0			

Niveles de exención	
Cantidad (Bq)	1E+07
Concentración (Bq g-1)	1E+04

Transporte (TBq)	
Valor OIEA ST1 A1	40
Valor OIEA ST1 A2	3

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)				
Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
10 cm	10 cm			
1 m	1 m			
0.00E+00	0.0E+00			
	Fotones (piel)			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	10 cm			
1 m	1 m			
0.00E+00	0.0E+00			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm			
	1 m			
	0.0E+00	Brehm. Rad.	Brehm. Rad.	Brehm. Rad.

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación			Blindaje (mm)	
Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección	Niveles derivados (Bq cm-2)	Betas y electrones (Absorción total)	
Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	Sondas recomendadas*	Contaminación desprendible	Cristal	0.2
Gota 0.05 ml (1 kBq)	alfa	4E+02	Plástico	0.3
	beta ++	Contaminación fija	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)	
	gamma	4E+04	1/2	1/10
	Rayos X		Plomo	-
			Acero	-

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)

Ingestión	f1	Inhalación (para gases y vapores reactivos y solubles)
Compuestos orgánicos marcados	1	Vapor
	5.8E-10	5.8E-10
		Dióxido
		6.2E-12
		Monóxido
		8.0E-13
Órgano de mayor dosis	Todo el cuerpo	ALI ingestión
		3.4E+07 Bq 20 mSv
		ALI inhalación
		3.4E+07 Bq 20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)

Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos

ESTADO FÍSICOQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Óxido y anhídrido	1	Prohibido	1E+06	Prohibido	3E+06	3E+08
Resto de compuestos	0.01	1E+07	1E+08	3E+07	3E+08	5E+09

SODIO (^{22}Na) - Emisor β y γ

Datos físicos:

Período de semidesintegración	2,602 años
Principales emisiones de radiación:	
Máxima energía beta	0,546 MeV (89'8 %)
Gamma	1,275 MeV (100 %)
Radiación de aniquilación	0,511 MeV (180 %)
Alcance de la radiación beta en el aire	140 cm. (aprox.)
Espesor de semirreducción (plomo)	6,5 mm.
Tasa de exposición	
a 1 cm de una fuente puntual desprotegida de 1 mCi	11,8 R/h
a 1 m de una fuente puntual desprotegida de 1 MBq	8,23 nCi/kg/h

Límites:

El límite de incorporación anual (LIA) para los trabajadores expuestos es de $6,2 \times 10^6$ Bq.

Datos de Radioprotección:

Radiotoxicidad	moderada (grupo 3)
Órgano crítico	todo el cuerpo
Detección:	
externa:	directa GM, sonda centelleo
	indirecta mediante frotis
interna	bioensayos de muestras de orina
Blindaje	material plástico + plomo
Dosimetría	siempre

Metabolismo:

La totalidad del cuerpo es el órgano crítico para la incorporación de compuestos solubles de ^{22}Na . El Sodio es eliminado del cuerpo a través de la orina, con unos 11 días de vida media biológica. Los pulmones y el intestino grueso son los órganos críticos para la incorporación por inhalación e ingestión respectivamente de los compuestos insolubles de ^{22}Na .

Consideraciones especiales:

En las proximidades de una fuente desprotegida de ^{22}Na , el rango de dosis debido a la radiación beta puede ser mucho mayor que el debido a la radiación gamma.

Evite la exposición directa de los ojos, mediante la utilización de pantallas transparentes o métodos de visualización indirecta.

Evite la exposición de la piel, manipulándolo indirectamente y despréndase enseguida de la ropa protectora contaminada.

Sodio-22

Z: 11

Na-22

A: 22

Semiperiodo: 2.60E+00 años

Grupo de riesgo **3**

Actividad específica: 2.31E+14 Bq g-1

Emisiones principales (keV)

	Gamma o X		Beta (E _{max})		Electrones		Alfa	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	511	181	546	90				
E2	1275	100						
E3								
%om.		0		0				

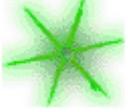
Niveles de exención

Cantidad (Bq)	1E+06
Concentración (Bq g-1)	1E+01

Transporte (TBq)

Valor OIEA ST1 A1	0.5
Valor OIEA ST1 A2	0.5

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)

Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
1.01E-01	10 cm 7.2E-02			
	1 m 0.0E+00			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	Fotones (piel)			
3.64E-03	10 cm 1.4E-02			
	1 m 9.2E-03			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 1.3E-02	3.14E-04	1.13E+00	5.36E+00
	1 m 8.7E-03			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación

Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección
Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	Sondas recomendadas*
1.68E+00	
Gota 0.05 ml (1 kBq)	alfa
6.69E+01	beta ++
	gamma ++
	Rayos X +

**Niveles derivados (Bq cm-2)**

Contaminación desprendible

1E+01

Contaminación fija

2E+01

Blindaje (mm)

Betas y electrones (Absorción total)

Cristal 0.8

Plástico 1.4

Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)

1/2 1/10

Plomo 10 37

Acero 31 80

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)

Ingestión	f1	Inhalación	1 micra	5 micra
Todos los compuestos	1	3.2E-09	F	1.3E-09 2.0E-09
			M	
			S	
Órgano de mayor dosis	Médula ósea roja	ALL ingestión	6.3E+06 Bq	20 mSv
		ALL inhalación	1.0E+07 Bq	20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)

Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos

ESTADO FISIQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	4E+05	4E+06	1E+06	1E+07	1E+09

Fósforo-32

Z: 15

P-32

A: 32

Semiperiodo: 1.43E+01 días

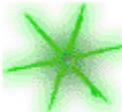
Actividad específica: 1.06E+16 Bq g-1

Grupo de riesgo 2

Emisiones principales (keV)								
	Gamma o X		Beta (E _{max})		Electrones		Alfa	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1			1710	100				
E2								
E3								
%om.				0				

Niveles de exención	
Cantidad (Bq)	1E+05
Concentración (Bq g-1)	1E+03

Transporte (TBq)	
Valor OIEA ST1 A1	0.5
Valor OIEA ST1 A2	0.5

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)				
Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
1.18E-01	10 cm 1.4E-01			
	1 m 4.8E-02			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	Fotones (piel)			
0.00E+00	10 cm 0.0E+00			
	1 m 0.0E+00			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 0.0E+00	1.31E-6	7.11E-4	2.39E+1
	1 m 0.0E+00			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación			Blindaje (mm)	
Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección	Niveles derivados (Bq cm-2)	Betas y electrones (Absorción total)	
Depósito uniforme (1 kBq cm-2) 1.89E+00	Sondas recomendadas*	Contaminación desprendible	Cristal	3.4
Gota 0.05 ml (1 kBq) 1.33E+00	alfa	5E+01	Plástico	6.3
	beta ++	Contaminación fija	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)	
	gamma	3E+02	1/2	1/10
	Rayos X		Plomo	-
			Acero	-

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores								
DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)								
Ingestión	f1		Inhalación	1 micra	5 micra			
Todos los compuestos	0.8	2.4E-09	Todos los compuestos sin especificar	F	8.0E-10	1.1E-09		
			Algunos fosfat. det. por comb. catiónica	M	3.2E-09	2.9E-09		
				S				
Órgano de mayor dosis	Pulmones		ALI ingestión	8.3E+06 Bq	20 mSv	ALI inhalación	6.3E+06 Bq	20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)						
Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos						
ESTADO FISCOQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	5E+05	5E+06	2E+06	2E+07	2E+09

FOSFORO (³³P) - Emisor β de baja energía

Datos físicos:

Período de semidesintegración	25,4 días
Máxima energía beta	0,249 MeV (100 %)
Alcance de la radiación beta en el aire	46 cm. (aprox.)

Límites:

El límite de incorporación anual (LIA) para los trabajadores expuestos es de $8,3 \times 10^7$ Bq.

Datos de radioprotección:

Radiotoxicidad	moderada (grupo 3)	
Órgano crítico	hueso	
Vida media efectiva en tejido biológico	13,5 días	
Detección: externa:	directa	GM, cámara ionización
	indirecta	mediante frotis
	interna	bioensayos de muestras de orina
Blindaje	material plástico	
Dosimetría	a partir de 2 mCi	

Metabolismo:

El esqueleto es el órgano crítico para la incorporación de los compuestos transportadores de ³³P.

El pulmón y el intestino son los órganos críticos de incorporación por inhalación e ingestión, respectivamente, de los compuestos no transportadores de ³³P.

El metabolismo del fósforo es complejo: un 30 % es rápidamente eliminado del cuerpo; un 40 % posee una vida media biológica de diecinueve días; y el 30 % restante es reducido por decaimiento de la radiactividad.

Fósforo-33

Z: 15

P-33

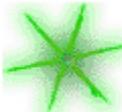
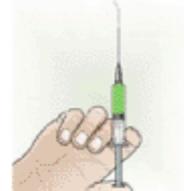
A: 33

Semiperiodo: 25.6 días
Actividad específica: 5.72E+15 Bq g-1**Grupo de riesgo 5**

Emisiones principales (keV)							
	Gamma o X		Beta (E _{max})		Electrones		Alfa
	E	%	E	%	E	%	E
E1			249	100			
E2							
E3							
% ₀				0			

Niveles de exención	
Cantidad (Bq)	1E+08
Concentración (Bq g-1)	1E+05

Transporte (TBq)	
Valor OIEA ST1 A1	40
Valor OIEA ST1 A2	1

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)				
Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel) 0.00E+00	Betas, electrones (piel) 10 cm 4.9E-02 1 m 0.0E+00 Fotones (piel) 10 cm 0.0E+00 1 m 0.0E+00			
Gamma y Rayos X 0.00E+00	Fotones (dosis profunda) 10 cm 0.0E+00 1 m 0.0E+00	Brehm. Rad.	Brehm. Rad.	Brehm. Rad.

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación			Blindaje (mm)	
Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección	Niveles derivados (Bq cm-2)	Betas y electrones (Absorción total)	
Depósito uniforme (1 kBq cm-2) 8.65E-01	Sondas recomendadas*	Contaminación desprendible	Cristal	0.3
Gota 0.05 ml (1 kBq) 1.38E-01	alfa	2E+02	Plástico	0.5
	beta ++	Contaminación fija	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)	
	gamma	2E+04	1/2	1/10
	Rayos X		Plomo	-
			Acero	-

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores					
DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)					
Ingestión	f1	Inhalación	1 micra	5 micra	
Todos los compuestos	0.8 2.4E-10	Todos los compuestos sin especificar	F 9.6E-11	1.4E-10	
		Algunos fosfatos det. por comb. cat.	M 1.4E-09	1.3E-09	
			S		
Órgano de mayor dosis	Pulmones	ALI ingestión	8.3E+07 Bq	20 mSv	ALI inhalación 1.4E+07 Bq 20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)						
ESTADO FÍSICOQUÍMICO	Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos					
	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	4E+06	4E+07	1E+07	1E+08	1E+10

Azufre-35

Z: 16

S-35

A: 35

Semiperiodo: 87.5 días

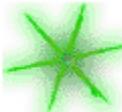
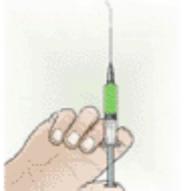
Actividad específica: 1.58E+15 Bq g-1

Grupo de riesgo **5**

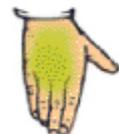
Emisiones principales (keV)							
	Gamma o X		Beta (E _{max})		Electrones		Alfa
	E	%	E	%	E	%	E
E1			168	100			
E2							
E3							
% ₀				0			

Niveles de exención	
Cantidad (Bq)	1E+08
Concentración (Bq g-1)	1E+05

Transporte (TBq)	
Valor OIEA ST1 A1	40
Valor OIEA ST1 A2	3

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)				
Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
0.00E+00	10 cm 0.0E+00			
	1 m 0.0E+00			
Gamma y Rayos X	Fotones (piel)			
0.00E+00	10 cm 0.0E+00			
	1 m 0.0E+00			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 0.0E+00	Brehm. Rad.	Brehm. Rad.	Brehm. Rad.
	1 m 0.0E+00			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación			Blindaje (mm)	
Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección	Niveles derivados (Bq cm-2)	Betas y electrones (Absorción total)	
Depósito uniforme (1 kBq cm-2) 3.54E-01	Sondas recomendadas*	Contaminación desprendible	Cristal	0.2
Gota 0.05 ml (1 kBq) 4.05E-03	alfa	3E+02	Plástico	0.3
	beta ++	Contaminación fija	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)	
	gamma	3E+04	1/2	1/10
	Rayos X		Plomo	-
			Acero	-

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores						
DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)						
Ingestión	f1		Inhalación	1 micra	5 micra	
Compuestos inorgánicos	0.8	1.4E-10	Sulfuros y sulfatos determ. por comb. cat F	5.3E-11	8.0E-11	
Azufre elemental	0.1	1.9E-10	Azufre, sulfuros y sulfatos det. por c.c. M	1.3E-09	1.1E-09	
Azufre orgánico	1	7.7E-10		S		
Órgano de mayor dosis	Pulmones	ALI ingestión	2.6E+07 Bq	20 mSv	ALI inhalación	1.5E+07 Bq 20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)						
ESTADO FÍSICOQUÍMICO	Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos					
	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los comp. excepto vapor	0.01	5E+06	5E+07	2E+07	2E+08	2E+10
Vapor (SO ₂ , ...)	1	Prohibido	5E+06	Prohibido	2E+07	2E+09

Cloro-36

Z: 17

Cl-36

A: 36

Semiperiodo: 3.00E+05 años

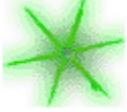
Grupo de riesgo **3**

Actividad específica: 1.23E+09 Bq g-1

Emisiones principales (keV)							
	Gamma o X		Beta (Emax)		Electrones		Alfa
	E	%	E	%	E	%	E
E1			710	98			
E2							
E3							
%om.				0			

Niveles de exención	
Cantidad (Bq)	1E+06
Concentración (Bq g-1)	1E+04

Transporte (TBq)	
Valor OIEA ST1 A1	10
Valor OIEA ST1 A2	0.6

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)				
Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
1.08E-01	10 cm 9.9E-02			
	1 m 2.6E-03			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	Fotones (piel)			
0.00E+00	10 cm 0.0E+00			
	1 m 0.0E+00			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 0.0E+00	Brehm. Rad.	Brehm. Rad.	5.05E-01
	1 m 0.0E+00			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación			Blindaje (mm)	
Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección	Niveles derivados (Bq cm-2)	Betas y electrones (Absorción total)	
Depósito uniforme (1 kBq cm-2) 1.78E+00	Sondas recomendadas*	Contaminación desprendible	Cristal	1.1
Gota 0.05 ml (1 kBq) 7.73E-01	alfa	6E+01	Plástico	2
	beta ++	Contaminación fija	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)	
	gamma	4E+03		1/2 1/10
	Rayos X		Plomo	- -
			Acero	- -

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores							
DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)							
Ingestión	f1		Inhalación	1 micra	5 micra		
Todos los compuestos	1	9.3E-10	Determinado por combinación de catione	F	3.4E-10	4.9E-10	
			Determinado por combinación de catione	M	6.9E-09	5.1E-09	
				S			
Órgano de mayor dosis	Pulmones	ALI ingestión	2.2E+07 Bq	20 mSv	ALI inhalación	2.9E+06 Bq	20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)						
ESTADO FISIQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos				
		Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	4E+05	4E+06	1E+06	1E+07	1E+09

Calcio-45

Z: 20

Ca-45

A: 45

Semiperiodo: 163 días

Actividad específica: 6.58E+14 Bq g-1

Grupo de riesgo **4****Emisiones principales (keV)**

	Gamma o X		Beta (Emax)		Electrones		Alfa	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1			257	100				
E2								
E3								
%o			0					

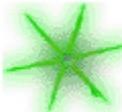
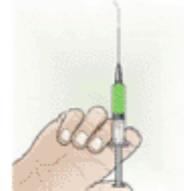
Niveles de exención

Cantidad (Bq)	1E+07
Concentración (Bq g-1)	1E+04

Transporte (TBq)

Valor OIEA ST1 A1	40
Valor OIEA ST1 A2	1

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)

Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
0.00E+00	10 cm 1.1E-02			
	1 m 0.0E+00			
	Fotones (piel)			
Gamma y Rayos X	10 cm 1.0E-10			
X	1 m 3.9E-11			
0.00E+00	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 8.0E-12	Brehm. Rad.	Brehm. Rad.	Brehm. Rad.
	1 m 3.0E-12			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación

Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección
Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	8.38E-01
Gota 0.05 ml (1 kBq)	1.01E-01



Sondas recomendadas*

alfa
beta ++
gamma
Rayos X

Niveles derivados (Bq cm-2)

Contaminación desprendible
1E+02
Contaminación fija
1E+04

Blindaje (mm)

Betas y electrones (Absorción total)

Cristal 0.3
Plástico 0.6

Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)

1/2 1/10

Plomo - -
Acero - -

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)

Ingestión	f1	Inhalación	1 micra	5 micra
Todos los compuestos	0.3	7.6E-10	F	
			M	2.7E-09 2.3E-09
			S	
Órgano de mayor dosis	Pulmones	ALI ingestión	2.6E+07 Bq	20 mSv
		ALI inhalación	7.4E+06 Bq	20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)

ESTADO FÍSICOQUÍMICO	Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos					
	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	2E+06	2E+07	7E+06	7E+07	5E+09

CROMO (⁵¹Cr) - Emisor γ de baja energía y Rayos X

Datos físicos:

Período de semidesintegración	27,7 días
Principales emisiones de radiación:	
Gamma	0,32 MeV (9'8 %)
Rayos X	0,005 MeV (22'3 %)
Captura electrónica	0,004 MeV (66'9 %)
Espesor de semirreducción (plomo)	1,7 mm.
Tasa de exposición	
a 1 cm de una fuente puntual desprotegida de 1 mCi	0,18 R/h
a 1 m de una fuente puntual desprotegida de 1 MBq	0,13 nCi/kg/h

Límites:

El límite de incorporación anual (LIA) para los trabajadores expuestos es de $5,2 \times 10^8$ Bq.

Datos de radioprotección:

Radiotoxicidad	baja (grupo 4)
Órgano crítico	todo el cuerpo
Detección: externa:	directa GM, sonda centelleo
	indirecta mediante frotis
interna	bioensayos de muestras de orina
Blindaje	plomo
Dosimetría	siempre

Metabolismo:

El cromo es eliminado lentamente del cuerpo a través de la orina y de las heces, con una vida media biológica de 616 días.

El intestino delgado es el órgano crítico para la ingestión de compuestos solubles e insolubles; el pulmón es el órgano crítico para la inhalación de compuestos insolubles. En forma de cromato, no es absorbido por ningún órgano corporal.

Consideraciones especiales:

El recuento de todo el cuerpo proporciona unos datos más sensibles que el análisis de muestras de orina para determinar su incorporación en el personal; este contaje de todo el cuerpo puede ser usado ocasionalmente como verificación de los resultados de otros análisis.

Cromo-51

Z: 24

Cr-51

A: 51

Semiperiodo: 27.7 días

Actividad específica: 3.42E+15 Bq g-1

Grupo de riesgo **4****Emisiones principales (keV)**

	Gamma o X		Beta (Emax)		Electrones		Alfa	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	5	20			4	67		
E2	320	10						
E3								
%o	0		0		0		0	

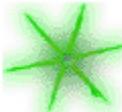
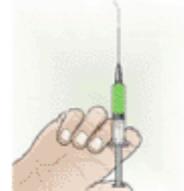
Niveles de exención

Cantidad (Bq)	1E+07
Concentración (Bq g-1)	1E+03

Transporte (TBq)

Valor OIEA ST1 A1	30
Valor OIEA ST1 A2	30

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)

Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
0.00E+00	10 cm 0.0E+00			
	1 m 0.0E+00			
Gamma y Rayos X	Fotones (piel)			
6.04E-05	10 cm 2.1E-04			
	1 m 1.3E-04			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 2.1E-04	5.35E-06	1.87E-02	8.69E-02
	1 m 1.3E-04			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación

Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección
Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	1.49E-02
Gota 0.05 ml (1 kBq)	5.65E-04

Sondas recomendadas*

alfa
beta
gamma ++
Rayos X ++

Niveles derivados (Bq cm-2)

Contaminación desprendible
8E+02
Contaminación fija
9E+02

Blindaje (mm)

Betas y electrones (Absorción total)

Cristal < 0.1
Plástico < 0.1

Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)

	1/2	1/10
Plomo	2	7
Acero	21	50

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)

Ingestión	f1	Inhalación	1 micra	5 micra
Compuestos hexavalentes	0.1	3.8E-11	F	2.1E-11 3.0E-11
Compuestos Trivalentes	0.01	3.7E-11	M	3.1E-11 3.4E-11
			S	3.6E-11 3.6E-11
Órgano de mayor dosis	Pulmones	ALI ingestión	5.3E+08 Bq	20 mSv
		ALI inhalación	5.6E+08 Bq	20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)

ESTADO FÍSICOQUÍMICO	Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos					
	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	4E+07	4E+08	1E+08	1E+09	5E+09

HIERRO (⁵⁹Fe) - Emisor β y γ de alta energía

Datos físicos:

Período de semidesintegración	44,6 días
Principales emisiones de radiación:	
Gamma	1,292 MeV (43'2 %) 1,099 MeV (56'5 %) 0,192 MeV (3'1 %) 0,143 MeV (1'0 %)
Máxima energía beta	0,466 MeV (53'1 %) 0,273 MeV (45'2 %) 0,131 MeV (1'4 %)
Alcance de la radiación beta en el aire	115 cm. (aprox.)
Espesor de semirreducción (plomo)	9,7 mm.
Tasa de exposición	
a 1 cm de una fuente puntual desprotegida de 1 mCi	6,18 R/h
a 1 m de una fuente puntual desprotegida de 1 MBq	4,31 nCi/kg/h

Límites:

El límite de incorporación anual (LIA) para los trabajadores expuestos es de $1,1 \times 10^7$ Bq.

Datos de Radioprotección:

Radiotoxicidad	moderada (grupo 3)
Órgano crítico	intestino bazo y pulmón
Detección: externa (directa)	GM, sonda centelleo
interna	bioensayos de muestras de orina
Blindaje	material plástico + plomo
Dosimetría	siempre

Metabolismo:

El intestino es el órgano crítico para la incorporación por ingestión de los compuestos de ⁵⁹Fe. El bazo y el pulmón son los órganos críticos para la incorporación por inhalación de los compuestos solubles e insolubles, respectivamente, de ⁵⁹Fe.

Un 1 o 2 % de la cantidad incorporada es eliminada por la orina en las primeras 24 horas; el resto de la cantidad incorporada es eliminada en las heces y tiene una vida media biológica de unos 700 días, aunque la dosis absorbida es reducida debido a la corta vida media del ⁵⁹Fe.

Consideraciones especiales:

En las proximidades de una fuente desprotegida de ⁵⁹Fe, el rango de dosis debido a la radiación beta puede ser mucho mayor que el debido a la radiación gamma.

El análisis de orina para determinar la incorporación es efectivo sólo durante las primeras 24 horas tras la manipulación; el conteo de todo el cuerpo es el método más sensible para determinar su incorporación al organismo; esto y el análisis de heces se utilizan para determinar la incorporación, pasadas unas semanas o meses tras la manipulación.

Hierro-59

Z: 26

Fe-59

A: 59

Semiperiodo: 4.45E+01 días

Actividad específica: 1.84E+15 Bq g-1

Grupo de riesgo **3****Emisiones principales (keV)**

	Gamma o X		Beta (E _{max})		Electrones		Alfa	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	192	3	131	1				
E2	1099	56	273	46				
E3	1292	44	466	53				
%om.		1.4		0.3				

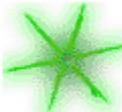
Niveles de exención

Cantidad (Bq)	1E+06
Concentración (Bq g-1)	1E+01

Transporte (TBq)

Valor OIEA ST1 A1	0.9
Valor OIEA ST1 A2	0.9

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)

Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
3.46E-02	10 cm 4.1E-02			
	1 m 0.0E+00			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	Fotones (piel)			
1.86E-03	10 cm 7.5E-03			
	1 m 4.9E-03			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 7.0E-03	1.60E-04	5.77E-01	2.74E+00
	1 m 4.6E-03			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación

Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección
Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	Sondas recomendadas*
Gota 0.05 ml (1 kBq)	alfa
	beta ++
	gamma ++
	Rayos X +

**Niveles derivados (Bq cm-2)**

Contaminación desprendible	2E+01
Contaminación fija	3E+01

Blindaje (mm)

Blindaje (mm)	Betas y electrones (Absorción total)	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)
Cristal	0.6	1/2 1/10
Plástico	1.2	
Plomo	15	45
Acero	35	91

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)

Ingestión	f1	Inhalación	1 micra	5 micra
Todos los compuestos	0.1	1.8E-09	Todos los compuestos sin especificar	F 2.2E-09 3.0E-09
			Oxidos, hidroxidos y haluros	M 3.5E-09 3.2E-09
			S	
Órgano de mayor dosis	Bazo	ALI ingestión	1.1E+07 Bq	20 mSv
		ALI inhalación	5.7E+06 Bq	20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)

Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos

ESTADO FISCOQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	6E+05	6E+06	2E+06	2E+07	2E+09

SELENIO (⁷⁵Se) - Rayos X

Datos físicos:

Tipo de emisión:	Rayos X. Captura electrónica (100%)
Período de semidesintegración	120 días
Máxima energía Rayos X	0,136 MeV (59 %)
C.E.	0,265 MeV (56 %)
Espesor de semirreducción (plomo) mm.	
Desintegración:	⁷⁵ As

Límites:

El límite de incorporación anual (LIA) para los trabajadores expuestos es de $4,8 \times 10^7$ Bq.

Datos de radioprotección:

Radiotoxicidad	moderada (grupo 3)
Órgano crítico	todo el organismo. Pulmones
Vida media efectiva en tejido biológico	días
Detección: externa:	directa sonda centelleo sólido
	indirecta frotis centelleo sólido
Blindaje	plomo, vidrio plomado
Dosimetría	siempre

Consideraciones especiales:

Trabajando con las medidas de protección necesarias, se reducen los riesgos de contaminación e irradiación. No presenta riesgos adicionales

Selenio-75

Z: 34

Se-75

A: 75

Semiperiodo: 1.20E+02 días

Actividad específica: 5.37E+14 Bq g-1

Grupo de riesgo **3****Emisiones principales (keV)**

	Gamma o X		Beta (E _{max})		Electrones		Alfa	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	136	59			14	6		
E2	265	59			85	3		
E3	401	12			124	2		
%om.		106				3		

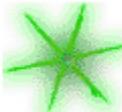
Niveles de exención

Cantidad (Bq)	1E+06
Concentración (Bq g-1)	1E+02

Transporte (TBq)

Valor OIEA ST1 A1	3
Valor OIEA ST1 A2	3

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)

Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
0.00E+00	10 cm 8.8E-04			
	1 m 0.0E+00			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	Fotones (piel)			
7.40E-04	10 cm 7.4E-03			
	1 m 5.1E-03			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 5.2E-03	6.69E-5	2.32E-1	1.07E+0
	1 m 4.2E-03			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación

Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección
Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	1.43E-01
Gota 0.05 ml (1 kBq)	7.59E-03



Niveles derivados (Bq cm-2)	Blindaje (mm)
Contaminación desprendible	Betas y electrones (Absorción total)
	Cristal 0.1
	Plástico 0.2
Contaminación fija	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)
7E+01	1/2 1/10
	Plomo <1 5
	Acero 15 42

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)

Ingestión	f1	Inhalación	1 micra	5 micra
No especificado	0.8	2.6E-09	F	1.0E-09 1.4E-09
Selenio elemental y selenidos	0.05	4.1E-10	S	M 1.4E-09 1.7E-09
Órgano de mayor dosis	Pulmones	ALI ingestión 7.7E+06 Bq 20 mSv	ALI inhalación 1.2E+07 Bq 20 mSv	

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)

Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos

ESTADO FISCOQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	2E+06	2E+07	6E+06	6E+07	5E+09

RUBIDIO (⁸⁶Rb) - Emisor β y γ de alta energía

Datos físicos:

Período de semidesintegración	18,66 días
Máxima energía beta	1,744 MeV (91 %)
	0,698 MeV (9 %)
Gamma	1,077 MeV (9 %)
Alcance de la radiación beta en el aire	6,4 m. (aprox.)
Alcance de la radiación beta en el agua	8 mm. (aprox.)
Espesor de semirreducción (plomo)	9 mm.
Tasa de exposición	
a 1 cm de una fuente puntual desprotegida de 1 mCi	0,5 R/h
a 1 m de una fuente puntual desprotegida de 1 MBq	0,35 nCi/kg/h

Límites:

El límite de incorporación anual (LIA) para los trabajadores expuestos es de $7,1 \times 10^6$ Bq.

Datos de radioprotección:

Radiotoxicidad	moderada (grupo 3)
Órgano crítico	todo el cuerpo
Vida media efectiva en tejido biológico	45 días
Detección: externa:	directa GM, sonda centelleo
	indirecta mediante frotis
Blindaje	material plástico + plomo
Dosimetría	siempre

Metabolismo:

Todo el cuerpo, el páncreas y el hígado son los órganos críticos para la ingestión de compuestos solubles de rubidio. El pulmón y el intestino delgado son los órganos críticos para la inhalación y la ingestión de compuestos insolubles.

Consideraciones especiales:

Realice análisis periódicos de muestras de orina desde las dos horas hasta los siete días después de la manipulación, para determinar la incorporación en el personal.

El rango de dosis debido a la radiación beta energética puede ser más alta que el rango de dosis debido a la radiación gamma de una fuente desprotegida de ⁸⁶Rb.

Rubidio-86

Z: 37

Rb-86

A: 86

Semiperiodo: 1.86E+01 días

Actividad específica: 3.01E+15 Bq g-1

Grupo de riesgo **2****Emisiones principales (keV)**

	Gamma o X		Beta (E _{max})		Electrones		Alfa	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	1077	9	698	9				
E2			1774	91				
E3								
%om.	0		0					

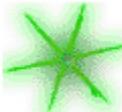
Niveles de exención

Cantidad (Bq)	1E+05
Concentración (Bq g-1)	1E+02

Transporte (TBq)

Valor OIEA ST1 A1	0.5
Valor OIEA ST1 A2	0.5

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)

Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
1.12E-01	10 cm 1.3E-01			
	1 m 4.4E-02			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	Fotones (piel)			
1.52E-04	10 cm 6.1E-04			
	1 m 4.0E-04			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 5.7E-04	1.77E-5	5.16E-2	2.41E+1
	1 m 3.7E-04			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación**Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)**

Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	1.89E+00
Gota 0.05 ml (1 kBq)	1.23E+00

**Detección**

Sondas recomendadas*

alfa	
beta	++
gamma	+
Rayos X	

Niveles derivados (Bq cm-2)

Contaminación desprendible	5E+01
Contaminación fija	2E+02

Blindaje (mm)**Betas y electrones (Absorción total)**

Cristal	3.5
Plástico	6.6

Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)

	1/2	1/10
Plomo	14	41
Acero	35	87

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)

Ingestión	f1	Inhalación	1 micra	5 micra
Todos los compuestos	1	2.8E-09	F	9.6E-10 1.3E-09
			M	
			S	
Órgano de mayor dosis	Superficie del hueso	ALI ingestión	7.1E+06 Bq	20 mSv
		ALI inhalación	1.5E+07 Bq	20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)

Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos

ESTADO FISIQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	6E+05	6E+06	2E+06	2E+07	2E+09

INDIO (¹¹¹In) Emisor γ y de Rayos X

Datos físicos:

Período de semidesintegración	2,83 días
Principales emisiones de radiación:	
Gamma	0,171 MeV (90 %)
	0,245 MeV (94 %)
Rayos X	0,023 MeV (68 %)
	0,026 MeV (15 %)
K _{INTERNA}	0,145 MeV (8 %)
Conversión Electron	0,219 MeV (5 %)
K Auger Electron	0,019 MeV (16 %)
L Auger Electrón	0,003 MeV (100%)
Espesor de semirreducción (plomo)	0,22 mm.
Tasa de exposición	
a 1 cm de una fuente puntual desprotegida de 1 mCi	3,2 R/h
a 1 m de una fuente puntual desprotegida de 1 MBq	2,2 nCi/kg/h

Límites:

El límite de incorporación anual (LIA) para los trabajadores expuestos es de $6,8 \times 10^7$ Bq.

Datos de Radioprotección:

Radiotoxicidad	Moderada (grupo 3)
Detección	externa (directa) GM,sonda centelleo
	interna bioensayos de muestras de orina
Blindaje	plomo
Dosimetría	siempre

Metabolismo:

En el caso de incorporación por ingestión e inhalación, aproximadamente el 2 % de los compuestos de Indio se transferirán a la sangre. Los órganos que reciben las más altas tasas de dosis equivalente, son el intestino grueso para la incorporación oral de ¹¹¹In; la médula roja para la inhalación de compuestos de ¹¹¹In de la clase D; y los pulmones para la inhalación de compuestos de ¹¹¹In de la clase W. Incluso absorbido, el Indio es bien retenido en el cuerpo. Sin embargo, la dosis recibida se reduce mucho debido a la corta vida media del ¹¹¹In.

Indio-111

Z: 49

In-111

A: 111

Semiperiodo: 2.80E+00 días

Actividad específica: 1.55E+16 Bq g-1

Grupo de riesgo **3****Emisiones principales (keV)**

	Gamma o X		Beta (E _{max})		Electrones		Alfa	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	23	69			145	9		
E2	171	90			219	5		
E3	245	94						
%om.	14.6				2			

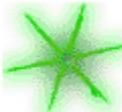
Niveles de exención

Cantidad (Bq)	1E+06
Concentración (Bq g-1)	1E+02

Transporte (TBq)

Valor OIEA ST1 A1	3
Valor OIEA ST1 A2	3

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)

Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
8.92E-05	10 cm 1.2E-02 1 m 0.0E+00			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	Fotones (piel)			
9.94E-04	10 cm 3.5E-03 1 m 2.1E-03			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 3.2E-03 1 m 1.9E-03	7.17E-5	2.43E-1	1.22E+0

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación

Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección
Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	Sondas recomendadas*
Gota 0.05 ml (1 kBq)	alfa
	beta +
	gamma ++
	Rayos X ++



Niveles derivados (Bq cm-2)

Contaminación desprendible	6E+01
Contaminación fija	7E+01

Blindaje (mm)

Blindaje (mm)	Betas y electrones (Absorción total)	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)
Cristal	0.3	1/2 1/10
Plástico	0.5	
Plomo	<1	3
Acero	9	31

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)

Ingestión	f1	Inhalación	1 micra	5 micra
Todos los compuestos	0.02	2.9E-10	Todos los compuestos sin especificar	F 1.3E-10 2.2E-10
			Oxidos, hidróxidos, haluros y nitratos	M 2.3E-10 3.1E-10
			S	
Órgano de mayor dosis	Intest. grueso inf.	ALI ingestión	6.9E+07 Bq	20 mSv
		ALI inhalación	6.5E+07 Bq	20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)

Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos

ESTADO FISIQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	3E+06	3E+07	9E+06	9E+07	5E+09

YODO (¹²⁵I) - Emisor γ de baja energía y de Rayos X

Datos físicos:

Período de semidesintegración	60 días
Principales emisiones de radiación:	
Gamma	0,035 MeV (6'5 %)
Rayos X (K α)	0,027 MeV (112 %)
Rayos X (K β)	0,031 MeV (25'4 %)
Espesor de semirreducción (plomo)	0,02 mm.
Tasa de exposición	
a 1 cm de una fuente puntual desprotegida de 1 mCi	1,4 R/h
a 1 m de una fuente puntual desprotegida de 1 MBq	0,98 nCi/kg/h

Límites:

El límite de incorporación anual (LIA) para los trabajadores expuestos es de $1,3 \times 10^6$ Bq.

Datos de radioprotección:

Radiotoxicidad	alta (grupo 2)
Órgano crítico	tiroides
Detección: externa:	directa GM,sonda centelleo
	indirecta mediante frotis
interna	bioensayos de muestras de orina
	medidas del tiroides
Blindaje	plomo
Dosimetría	a partir de 1 mCi

Metabolismo:

Aproximadamente el 66% del ¹²⁵I ingerido es rápidamente eliminado del organismo; el resto es absorbido por el tiroides y liberado posteriormente de forma lenta (vida media biológica de 138 días). La ingestión de IK (170 mg en tabletas) y agua, facilitan su eliminación.

Consideraciones especiales:

El problema más significativo de este isótopo es su volatilidad; el pH ácido la favorece, por lo que es aconsejable añadir S₂O₃Na₂ 0,1M o NaOH 0,1M a los residuos; las bajas temperaturas, también favorecen la volatilización, por lo que es conveniente mantenerlo a temperatura ambiente.

Por otro lado, tiene una gran capacidad de fijación por su órgano crítico en muy corto espacio de tiempo, por lo que hay que extremar las medidas de seguridad.

Yodo-125

Z: 53

I-125

A: 125

Semiperiodo: 5.99E+01 días

Actividad específica: 6.45E+14 Bq g-1

Grupo de riesgo **3****Emisiones principales (keV)**

	Gamma o X		Beta (Emax)		Electrones		Alfa	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	27	114			4	79		
E2	31	26			23	20		
E3	36	7			31	11		
%om.	0				4			

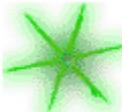
Niveles de exención

Cantidad (Bq)	1E+06
Concentración (Bq g-1)	1E+03

Transporte (TBq)

Valor OIEA ST1 A1	20
Valor OIEA ST1 A2	3

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)

Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
0.00E+00	10 cm 0.0E+00			
	1 m 0.0E+00			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	Fotones (piel)			
3.90E+04	10 cm 1.5E-03			
	1 m 9.5E-04			
	Fotones (dosis profunda)			
	10 cm 1.3E-03	1.44E-05	4.07E-02	6.20E-01
	1 m 8.1E-04			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación

Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección
Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	Sondas recomendadas*
Gota 0.05 ml (1 kBq)	alfa
	beta
	gamma
	Rayos X ++



Niveles derivados (Bq cm-2)

Contaminación desprendible	4E+01
Contaminación fija	1E+03

Blindaje (mm)

	Betas y electrones (Absorción total)	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)
Cristal	<0.1	1/2 1/10
Plástico	<0.1	
Plomo	<1	<1
Acero	<1	<1

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)

Ingestión	f1	Inhalación	1 micra	5 micra
Todos los compuestos	1	1.5E-08	F	5.3E-09 7.3E-09
			M	
			S	
Órgano de mayor dosis	Tiroides	ALI ingestión	1.3E+06 Bq	20 mSv
		ALI inhalación	2.7E+06 Bq	20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)

Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos

ESTADO FÍSICOQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	8E+05	8E+06	3E+06	3E+07	3E+09
Forma volátil	1	Prohibido	8E+04	Prohibido	3E+05	3E+07

YODO (¹³¹I) - Emisor partículas β, radiación γ de baja energía y de Rayos X

Datos físicos:

Período de semidesintegración	8 días
Principales emisiones de radiación:	
Gamma	0,36 MeV (81 %)
Beta	0,61 MeV (89 %)
Rayos X	0,03 MeV (3.9 %)
Espesor de semirreducción (plomo)	2,3 mm.
Alcance de la radiación beta en el aire	1,65 m. (aprox.)
Desintegración	¹³¹ I ₅₃ → ¹³¹ Xe ₅₄
Tasa de exposición	
a 1 cm de una fuente puntual desprotegida de 1 mCi	2.16 R/h
a 1 m de una fuente puntual desprotegida de 1 MBq	1.5 nCi/kg/h

Límites:

El límite de incorporación anual (LIA) para los trabajadores expuestos es de $9,0 \times 10^5$ Bq.

Datos de radioprotección:

Radiotoxicidad	alta (grupo 2)
Órgano crítico	tiroides
Vida media biológica	138 días
Detección:	
externa:	directa: GM,sonda centelleo
	indirecta: mediante frotis
interna	bioensayos de muestras de orina
	medidas del tiroides
Blindaje	plomo (2-5 mm), vidrio plomado (1,5-2 cm)
Dosimetría	Siempre

Metabolismo:

Aproximadamente el 66% del ¹³¹I ingerido es rápidamente eliminado del organismo; el resto es absorbido por el tiroides y liberado posteriormente de forma lenta (vida media biológica de 138 días). La ingestión de IK (170 mg en tabletas) y agua, facilitan su eliminación.

Consideraciones especiales:

Presenta un riesgo de irradiación debido a la emisión conjunta de radiación beta y gamma de energía media, pero el problema más significativo de este isótopo es su volatilidad; el pH ácido la favorece, por lo que es aconsejable añadir S₂O₃Na₂ 0,1 M o NaOH 0,1 M a los residuos; las bajas temperaturas, también favorecen la volatilización, por lo que es conveniente mantenerlo a temperatura ambiente.

Por otro lado, tiene una gran capacidad de fijación por su órgano crítico en muy corto espacio de tiempo, por lo que hay que extremar las medidas de seguridad.

Yodo-131

Z: 53

I-131

A: 131

Semiperiodo: 8.00E+00 días
 Actividad específica: 4.61E+15 Bq g-1

Grupo de riesgo 3**Emisiones principales (keV)**

	Gamma o X		Beta (E _{max})		Electrones		Alfa	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	284	6	248	2	46	4		
E2	365	82	334	7	330	2		
E3	637	7	606	90				
%om.		11		1		2		

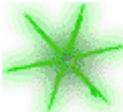
Niveles de exención

Cantidad (Bq)	1E+06
Concentración (Bq g-1)	1E+02

Transporte (TBq)

Valor OIEA ST1 A1	3
Valor OIEA ST1 A2	0.7

Exposición externa (mSv h-1) para una actividad de 1 MBq ó 1 MBq m-2 (según corresponda)

Fuente puntual (30 cm)	Fuente plana infinita	Vial de cristal (10 ml)	Contacto con recipiente de cristal (50ml)	Contacto con jeringuilla de plástico (5 ml)
				
Betas y electrones (dosis en piel)	Betas, electrones (piel)			
10 cm	10 cm			
1 m	1 m			
8.62E-02	7.4E-02			
	Fotones (piel)			
	10 cm			
	1 m			
	4.4E-03			
Gamma y Rayos X (dosis profunda)	Fotones (dosis profunda)			
10 cm	10 cm			
1 m	1 m			
7.29E-04	4.2E-03	6.36E-05	2.23E-01	1.13E+00
	1 m			
	3.3E-03			

* Los valores no incluyen la radiación por Brehmstrahlung. La etiqueta Brehm. Rad. indica que esta podría ser significativa.

Contaminación

Dosis en piel por contaminación (mSv h-1)	Detección
Depósito uniforme (1 kBq cm-2)	Sondas recomendadas*
Gota 0.05 ml (1 kBq)	alfa
1.62E+00	beta ++
5.72E-01	gamma ++
	Rayos X ++



Niveles derivados (Bq cm-2)
Contaminación desprendible
2E+01
Contaminación fija
8E+01

Blindaje (mm)

Blindaje (mm)	Betas y electrones (Absorción total)	Gamma y Rayos X (Valor del espesor mitad y 1/10)
Cristal	0.9	1/2 1/10
Plástico	1.6	
Plomo	3	11
Acero	23	56

*Si no se indican sondas, se recomienda el uso de un frotis asociado con técnica de centelleo líquido.

Exposición interna para trabajadores

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA POR UNIDAD DE INCORPORACIÓN (Sv Bq-1)

Ingestión	f1	Inhalación	1 micra	5 micra
Todos los compuestos	1	2.2E-08	F	7.6E-09 1.1E-08
			M	
			S	
Órgano de mayor dosis	Tiroides	ALI ingestión	9.1E+05 Bq	20 mSv
		ALI inhalación	1.8E+06 Bq	20 mSv

Actividades máximas recomendadas en laboratorios de nivel Bajo o Intermedio (Bq)

Sujeto a requisitos de exposición externa que podrían ser más restrictivos

ESTADO FÍSICOQUÍMICO	Factor de volatilidad (k)	Área Supervisada		Área Controlada		
		Poyata	Vitrina	Poyata	Vitrina	Caja de guantes
Todos los compuestos	0.01	3E+05	3E+06	1E+06	1E+07	1E+09
Forma volátil	1	Prohibido	5E+04	Prohibido	2E+05	2E+07

URANIO ($^{238-235}\text{U}$) Emisión de partículas alfa, beta (descendientes) y radiación gamma

Nucleidos descendientes:

^{238}U ^{234}Th , $^{234}\text{Pa(m)}$, ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{210}Po , ^{206}Pb
 ^{235}U ^{231}Th , ^{231}Pa , ^{227}Ac , ^{227}Th , ^{223}Fr , ^{223}Ra , ^{219}At , ^{219}Rn , ^{213}Bi , ^{213}Po , ^{213}At , ^{211}Pb , ^{211}Bi , ^{207}Tl , ^{207}Pb

Datos físicos:

Período de semidesintegración:	^{238}U	4,47 x 10 ⁹ años
	^{235}U	7,04 x 10 ⁸ años
Principales emisiones de radiación:	Gamma	^{238}U 50 keV (<1 %)
		^{235}U 186 keV (56%)
	Beta	ver nucleidos descendientes
	Alfa	^{238}U 4,20 MeV (77 %)
		^{235}U 4,6 MeV (5%)
Espesor de semirreducción (plomo)	.....	<1 mm Para los 2
Desintegración	$^{238}\text{U}_{92} \rightarrow$	$^{234}\text{Th}_{90}$ y más
	$^{235}\text{U}_{92} \rightarrow$	$^{231}\text{Th}_{90}$ y más
Tasa de exposición:	Mirar fichas incluidas	

Límites:

El límite de incorporación anual (LIA) por ingestión para los trabajadores expuestos (20 mSv) es

^{238}U	4,5 x 10 ⁵ Bq
^{235}U	4,3 x 10 ⁵ Bq

Datos de radioprotección:

Radiotoxicidad	.....	Muy alta (grupo 1)
Órgano crítico	.....	Pulmones
Detección:	externa:	directa GM, sonda centelleo
		indirecta mediante frotis
	interna	bioensayos de muestras de orina
Blindaje	.....	Plomo, vidrio plomado
Dosimetría	.....	Conveniente

Metabolismo:

La mayoría del uranio ingerido se excreta naturalmente. Sólo el 0,5% es absorbido cuando se ingieren formas insolubles de uranio, como el óxido, mientras que la absorción de los más solubles, como los iones uranilo, puede ser de hasta un 5%. Los compuestos solubles de uranio tienden a pasar rápidamente a través de todo el organismo, mientras que los compuestos de uranio insolubles representan un riesgo de exposición más grave cuando se inhalan en forma de polvo que se acumula en los pulmones. Después de entrar en el torrente sanguíneo, el uranio absorbido tiende a acumularse en los tejidos óseos debido a la afinidad de uranio con los fosfatos. El uranio no se absorbe a través de la piel.

Consideraciones especiales:

El funcionamiento normal del riñón, cerebro, hígado, corazón, y otros sistemas pueden verse afectados por la exposición al uranio, porque, además de ser débilmente radiactivo, el uranio es un metal altamente tóxico incluso en pequeñas cantidades. Los efectos radiológicos son generalmente locales ya que la radiación alfa, la principal forma de descomposición del uranio, tiene un alcance muy corto y no penetra en la piel. Los compuestos de uranio, en general, son mal absorbidos por el revestimiento de los pulmones y puede seguir siendo un peligro radiológico por mucho tiempo.

ACETATO DE URANILO: TÉCNICAS MICROSCOPIA ELECTRÓNICA TRANSMISIÓN

A continuación, exponemos algunas características del acetato de uranilo por ser el compuesto más usual que se utiliza con $^{238-235}\text{U}$

DATOS TÉCNICOS FACILITADOS POR CASA COMERCIAL (ANAME)

- **Identificación del producto:**
 - Nombre del producto: Acetato de uranilo
 - Fórmula química: $\text{UO}_2 (\text{CH}_3\text{COO}) 2\text{H}_2\text{O}$
 - Propiedades: Amarillo cristalino sólido soluble en agua
 - Composición: Sal inorgánica
- **Composición isotópica**
 - ^{238}U : 99.9%
 - ^{235}U : 0.1%
 - Otros isótopos descendientes provenientes de la desintegración de los isótopos anteriores tales como el Th, el Pa, etc
- **Tipos de radiación que se emite**
 - Tanto el ^{238}U como el ^{235}U emiten radiación α y γ
 - Sin embargo no hay que descartar la radiación β producida por el ^{234}Th (0.91 MeV) y el ^{234}Pa (2.29 MeV) fundamentalmente
- **Actividad específica:** $0.51 \mu\text{Ci/g} = 18.870 \text{ Bq/g} = 1.132.200 \text{ dpm/g}$
- **Actividad en los 100 g:** $51 \mu\text{Ci} = 1.887.000 \text{ Bq} = 113.220.000 \text{ dpm}$
- **Tasa de dosis:** $50 \mu\text{Sv/h}$ debida a la radiación total (β y γ) de la cual $6 \mu\text{Sv/h}$ son debidos principalmente a la radiación γ

EJEMPLO DE DATOS OBTENIDOS EN LA INSTALACIÓN RADIATIVA DE LA UAH

- **Actividad específica acetato de uranilo:** $0.527 \mu\text{Ci/g} = 19.515 \text{ Bq/g} = 1.170.900 \text{ dpm/g}$
- **Actividad en 100 g de acetato de uranilo:** $52.74 \mu\text{Ci} = 1.951.500 \text{ Bq} = 117.090.000 \text{ dpm}$
- **Actividad en residuos sólidos (jeringa y filtro) para una técnica concreta a modo de ejemplo:** $5232 \text{ dpm} = 87 \text{ Bq}$
- **Actividad específica sólidos (jeringa y filtro) para una técnica concreta a modo de ejemplo:** $603,81 \text{ dpm/g} = 10.06 \text{ Bq/g}$ (en 8,66 g, que pesa la jeringa + filtro)
- **Actividad en residuos líquidos para una técnica concreta a modo de ejemplo**
 - Líquido de lavado..... $423 \text{ dpm} = 7,05 \text{ Bq}$
 - Disolución patrón (1% p/v)..... $158.071 \text{ dpm} = 2.634,00 \text{ Bq}$
- **Concentración de actividad en residuos líquidos para una técnica concreta a modo de ejemplo**

	Líquido total	dpm/ml	dpm/l	Bq/ml	Bq/l
Líquido de lavado	4,5 ml	94	94.000	1,57	1.567
Disolución patrón	13,5 ml	11.709	11.709.000	195	195.150

- **Tasa de dosis** (fondo: $0,4 \mu\text{Sv/h}$)
 - Exterior carcasa producto..... $1,8 \mu\text{Sv/h} - 0,4 \mu\text{Sv/h} = 1,4 \mu\text{Sv/h}$
 - Exterior bote producto..... $2,0 \mu\text{Sv/h} - 0,4 \mu\text{Sv/h} = 1,6 \mu\text{Sv/h}$
 - Boca bote abierto..... $100,0 \mu\text{Sv/h} - 0,4 \mu\text{Sv/h} = 99,6 \mu\text{Sv/h}$

- Exterior tubo solución lavado (4.5 ml)..... 0,4 µSv/h– 0,4 µSv/h = 0,0 µSv/h
- Exterior falcon solución patrón (13.5 ml)... 1,5 µSv/h– 0,4 µSv/h = 1,1 µSv/h
- Boca falcon abierto solución patrón..... 0,4 µSv/h– 0,4 µSv/h = 0,0 µSv/h

NORMATIVA ESPAÑOLA

La normativa española actual (R. D. 1836/1999, de 3 de diciembre: Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas. Modificado por R. D. 35/2008 de 18 de enero) (Instrucción IS/05 de 26 de febrero, del CSN) establece los valores de exención para los radionucleidos, principales componentes de las sales de acetato de uranio que se reflejan a continuación:

Radionucleido	Actividad (Bq)	Actividad específica (Bq/g)
^{235}U - ^{238}U	10^4	10

Tanto la actividad como la actividad específica del acetato de uranio comercial esta por encima de estos valores por lo que en la actualidad no son valores exentos por lo que se tendría que trabajar con ellos en una instalación radiactiva. No obstante, el citado reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas, especifica en su artículo 79, que *las instalaciones donde se utilizan como reactivos químicos uranio o torio natural o sus compuestos, en cantidad no exenta y no superior a los tres kg, quedaran sometidos a un procedimiento de declaración ante el CSN. Dicha declaración deberá contener el nombre de titular, emplazamiento, reactivo utilizado y cantidad del mismo.*

Por otro lado, los valores de desclasificación de los materiales residuales sólidos con contenido radiactivo están indicados en el documento TECDOC-1000 de la IAEA recogido en la normativa española en la Orden ECO/1449/2003, de 21 de mayo. Estos son los mismos que los valores de exención:

Radionucleido	Actividad (Bq)	Actividad específica (Bq/g)
^{235}U - ^{238}U	10^4	10

Para los residuos líquidos con contenido radiactivo no están establecidos claramente unos valores de desclasificación. El R. D. 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el reglamento sobre protecciones sanitarias contra las radiaciones ionizantes, establece en su artículo 51 que *toda evacuación de efluentes... radiactivos al medio ambiente requerirá autorización expresa de ministerio de economía, previo informe del CSN...* En la actualidad, el CSN, en la autorización de funcionamiento de la instalación radiactiva de la Universidad de Alcalá, limita la cantidad anual que se puede verter de residuos líquidos acuosos con contenido radiactivo al alcantarillado publico a un GBq para la suma de todos los radionucleidos exceptuando el ^3H y el ^{14}C . Siempre y cuando la actividad no supere los límites de concentración obtenidos al dividir el LIA por ingestión (grupo de edad mayor de 17 años), entre la tasa de ingestión anual de agua para el individuo adulto. Sin embargo nos encontramos con un problema adicional; la toxicidad del uranio como tal, que debe ser tratado como residuo peligroso, y no se puede eliminar por la red de saneamiento, por lo que en principio debería ser retirado por una empresa receptora de residuos radiactivos.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

- Muy tóxico por inhalación e ingestión. También es tóxico por contacto en la piel o por introducción en el organismo a través de heridas.
- La DL50 (Dosis Letal 50) para ratas tras ingestión por vía oral es de 204 mg/kg
- Es carcinogénico y mutagénico y tiene efectos teratógenos
- Debe llevar los símbolos R T
- Para transporte debe estar identificado como clase 7 como los materiales radiactivos
- Evitar el contacto con oxidantes
- Es radiactivo. Baja actividad

7.- NORMAS Y MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN

7.1. NORMAS DE DESCONTAMINACIÓN

En el momento que se produzca una contaminación importante se procederá a informar al personal de la Instalación Radiactiva para que asesore al usuario y establezca las pautas a seguir.

La persona encargada de llevar a cabo la descontaminación es aquella que la ha producido.

Los procedimientos de descontaminación se llevarán a cabo en función de si la contaminación es un objeto o superficie de trabajo (contaminación de superficies y objetos) o en una persona.

7.1.1. EN CUANTO A LA CONTAMINACIÓN DE SUPERFICIES Y OBJETOS:

- En primer lugar hay que evitar que la contaminación continúe avanzando, impidiéndolo con material absorbente como papel o similar si se trata de líquidos.
- En el caso de contaminación de equipos eléctricos, no olvidar desconectarlos de la red.
- Medir la contaminación inicial, acotar y/o señalar (para ello existen tiras de papel adhesivo con la señal internacional de radiactividad).
- Proteger o trasladar el material no contaminado fuera de la zona afectada.
- Llegados a este punto hay que valorar si procede la descontaminación (y estudiar en su caso el método a emplear), esperar el decaimiento o tratar el objeto contaminado como un residuo y deshacernos de él.
- Si decidimos descontaminar recordar:
 - o Los métodos de descontaminación por vía húmeda son preferibles a los de vía seca.
 - o Deben intentarse los métodos suaves de descontaminación antes de recurrir a un tratamiento que pueda deteriorar las superficies.
 - o De manera genérica se usa líquido descontaminante comercial, del que disponemos en la Instalación.
- Si la contaminación persiste volver a descontaminar
- Si la contaminación es debida a radionucleidos de período de semidesintegración corto, a veces, es conveniente aislarlo, con el fin de que la desintegración siga su curso y evite o facilite la descontaminación. Este aislamiento puede llevarse a cabo:
 - o Traslado del material contaminado a un lugar aislado y convenientemente blindado que evite la irradiación del personal.
 - o Si no es posible su desplazamiento a otro lugar, debemos blindarlo convenientemente y señalar la zona contaminada.

7.1.1.1. Métodos de descontaminación superficial.

A continuación, vamos a exponer brevemente y en términos generales, los procedimientos más recomendables para su aplicación en las descontaminaciones que es necesario realizar en cualquier instalación radiactiva.

Descontaminación de las zonas de trabajo (todo tipo de superficies).

- Los procedimientos a utilizar dependen de si la contaminación es desprendible fácilmente o persistente y de las características de fijación de los contaminantes a las superficies contaminadas.

- Para la eliminación de la contaminación desprendible conviene proceder por vía húmeda, enjuagando con materiales absorbentes que estén humedecidos con soluciones descontaminantes comerciales, que contienen agentes complejantes.
- La eliminación de la contaminación persistente se tratará de eliminar mediante lavados con soluciones de agentes complejantes, que deben mantenerse un cierto tiempo en contacto con la superficie contaminada. Para ello utilizaremos soluciones de ácido fosfórico o crómico al 10% o EDTA al 10% (en este último caso conviene neutralizar a pH 7 con NaOH)
- La contaminación que aún persista, se puede tratar de eliminar mediante procedimientos abrasivos suaves en principio, tales como el lustre para las superficies metálicas o los quitamanchas abrasivos comerciales. Si aun persiste se puede utilizar lana de acero o similares.
- En caso de persistencia de la contaminación será necesario eliminar la superficie, o, recubrirla con el material apropiado (pintura, hormigón, plomo, etc...), si la contaminación es pequeña.
- Para el tratamiento de la contaminación persistente de superficies concretas se aconseja lo siguiente:
 - o Las superficies de materiales plásticos se pueden descontaminar con disolventes orgánicos y en caso de persistencia de la contaminación con detergentes complejantes.
 - o Para acero inoxidable es recomendable el tratamiento inhibitor con ácido fosfórico (10%), seguido de otro con ácido nítrico (10%); también es aconsejable una disolución de ácido fluorhídrico y nítrico, o ácido sulfúrico (3-5%).
 - o Para los metales no ferrosos como el cobre, latón y bronce, dan buenos resultados las soluciones con ácido nítrico (10%).
- En cuanto a la contaminación de suelos es recomendable emplear, en principio, procedimientos análogos a los indicados para cualquier superficie. En caso de no conseguir los efectos deseados, se procederá según el tipo de suelo:
 - o En suelos con baldosas: Tratamiento con una disolución de ácido fosfórico (10%) conteniendo un agente humectante.
 - o En suelos de asfalto: hay que pulirlos.
 - o En suelos de cemento: Se tratara de igual manera que las baldosas seguido de otro tratamiento con ácido clorhídrico.
- Para la descontaminación de isótopos concretos se aconseja:
 - o ^{32}P : Utilizar una solución de EDTA y ácido fosfórico al 10%, Solución de EDTA al 10% o etanol.
 - o ^{125}I ó ^{131}I : Utilizar una solución de tiosulfito sódico al 10%.

Descontaminación de materiales y equipos

Dependerá de los materiales con que estén fabricados, pero, en general, pueden clasificarse en los dos grupos siguientes:

- Eliminación de la contaminación sin deterioro de la superficie contaminada.
- Eliminación de la contaminación conjuntamente con la superficie adyacente donde se encuentra adherida.

Los procedimientos correspondientes al primer grupo son los recomendables inicialmente, y solamente en el caso de que no resulten efectivos después de varios intentos, se debe recurrir a los segundos.

El procedimiento práctico recomendable para descontaminar el material de laboratorio, utensilios y equipos es el siguiente.

- Lavar y frotar con una solución detergente en caliente para eliminar la contaminación desprendible y la retenida en la grasa.
- Enjuagar con agua limpia, secar y medir su contaminación.
- Si persiste la contaminación, es conveniente proceder a introducir el material en tanques con soluciones de reactivos apropiados y dejarlos en el baño durante un cierto tiempo. En estas soluciones es conveniente que existan agentes complejantes que impidan el posterior depósito de los contaminantes sobre el material.
- Para el material de vidrio se pueden utilizar disoluciones de ácido crómico.
- Para las herramientas, utensilios y equipos metálicos y cerámicas, una disolución de ácido fosfórico al 10%.
- Si todavía persiste algo de contaminación es necesario recurrir a la utilización de métodos abrasivos o ácidos fuertes; se empezará con abrasivos suaves, como se indicó para la contaminación de superficies, y, continuará con la introducción en ácidos fuertes (Nítrico o sulfúrico al 10%).

Descontaminación de equipos de protección personal.

Para la limpieza de batas, monos, tejidos de algodón, etc..., no es conveniente la utilización de jabón corriente, porque tiene tendencia a formar depósitos que pueden fijar la actividad en los tejidos. Los detergentes recomendables deben ser: buenos humectantes, emulsionantes de aceites y grasas, capaces de producir intercambio iónico, formadores de complejos estables en la disolución y con buena capacidad de suspensión. Para conseguir estos fines es conveniente que el detergente este constituido, entre otros, por metasilicato de sodio, fosfato disódico, ácido nítrico, carboximetil-celulosa sódico, sulfato sódico y pequeñas cantidades de sal disódica de EDTA (3%).

7.1.1.2. Agentes descontaminantes

Como complemento a lo indicado y para dar una idea de los diversos agentes descontaminantes recomendados, así como de las técnicas para su utilización y las precauciones que con ellos han de tomarse, se expone a continuación una guía que consideramos útil, en la que se han incluido la mayor parte de los agentes descontaminantes.

Agua.

- Apropiaada para superficies no porosas (metal, pintura, plástico, etc...).
- No apropiada para materiales porosos, tales como madera, cemento, etc.
- Ejerce su efecto por disolución y erosión.

VENTAJAS: Permite conseguir una descontaminación del orden del 50%.

DESVENTAJAS: Debe controlarse todo el agua empleado en la descontaminación.
Los materiales porosos absorberán los contaminantes.
No pueden descontaminarse superficies aceitosas.

Vapor de agua.

- Apropiaado para superficies no porosas (especialmente pintadas y aceitosas).
- Ejerce su acción por disolución y erosión.

VENTAJAS: Reduce la contaminación en un 90% (aprox.) sobre superficies pintadas.

DESVENTAJAS: Tiene las mismas limitaciones del agua.

Detergentes.

- Apropriados para superficies no porosas (especialmente pintadas y aceitosas).
- Ejercen su acción por disolución y erosión.

VENTAJAS: Puede reducirse la contaminación en el orden del 90%.

DESVENTAJAS: Puede requerir el contacto de los trabajadores con la contaminación.
Método suave no suficiente para contaminaciones muy antiguas.

Agentes complejantes. (Oxalatos, carbonatos y citratos.)

- Apropriados para superficies no porosas (especialmente no expuestas al aire libre, por ejemplo sin herrumbre o depósitos calcáreos).
- Actúan formando complejos solubles con el material contaminado y contaminante.

Agentes orgánicos.

- Apropriados para superficies no porosas (superficies grasas o enceradas, pintadas o con determinados plásticos).
- Actúan por disolución de los materiales orgánicos (aceites, grasas, pinturas).

Ácidos inorgánicos y mezclas ácidas. (Ácidos clorhídrico, sulfúrico, acético, cítrico, acetatos y citratos.)

- Apropriados para superficies metálicas, especialmente aquellas que tienen depósitos porosos (herrumbre o depósitos calcáreos). Superficies internas de tuberías.
- Actúan por su acción fuertemente disolvente de los metales y depósitos porosos.

Cáusticos. (Lejía, Hidróxido sódico, cálcico y potásico. Fosfato trisódico.)

- Apropriado para superficies pintadas.
- Actúan por acción disolvente y reblandecimiento de las pinturas.

Abrasión.

- Apropriada para superficies no porosas.
- Actúan eliminando la superficie.

7.1.2. EN CUANTO A LA CONTAMINACIÓN DE LAS PERSONAS:

Cuando se produzca una contaminación de este tipo hay que informar a los supervisores inmediatamente.

Podemos distinguir dos tipos de contaminación en personas:

- Externa:
 - o Como norma general, no hay que utilizar procedimientos abrasivos que dañen la piel.
 - o También es conveniente saber que el calor dilata los poros y de esta forma se favorece la entrada de las sustancias contaminantes, por ello, es conveniente el uso de agua fría o templada en los lavados de la piel contaminada.
 - o En la eliminación de la contaminación de la superficie cutánea, hay que tener siempre presente que, si bien lo ideal es eliminarla totalmente, quizás no sea posible realizarlo siempre, porque los drásticos métodos requeridos para ello, en ocasiones, podrían originar lesiones de la piel y abrir vías de acceso al organismo, convirtiéndola en contaminación interna. En consecuencia, solamente los procedimientos de descontaminación que se especifican a continuación, son los que se utilizan sin la presencia, dirección y supervisión de personal médico especializado.

El procedimiento a seguir tiene que tener en cuenta estos pasos.

- Localizar la contaminación
- Medir y quitar la ropa y elementos tales como relojes, pulseras, anillos, etc. (controlar la posible contaminación de estos objetos)
- Descontaminar por vía húmeda. Aplicar descontaminante no abrasivos y no frotar de manera agresiva
- No utilizar agua caliente (como mucho tibia) ni disolventes orgánicos.
- Se ha de tener especial cuidado con la boca, orificios nasales, oídos y ojos para evitar contaminaciones internas.
- Comprobar si la contaminación ha desaparecido. Si no es así se emplearán procedimientos más energéticos (sin llegar a producir heridas).

Procedimiento más detallado para la descontaminación externa de personas.

- Para la piel en general utilizaremos agua tibia, jabón y un cepillo blando. Si la contaminación persiste, se podrá utilizar hipoclorito sódico (lejía) diluida o permanganato potásico al 1%.
- Para eliminar la contaminación de las manos y otras zonas al descubierto, especialmente la provocada por partículas sueltas que podrían introducirse en el organismo, es necesario proceder al lavado o ducha, utilizando agua tibia y jabones suaves, no abrasivos ni muy alcalinos. El lavado debe acompañarse con frotamiento con un cepillo suave, para evitar erosiones en la piel. Especial atención debe prestarse a las uñas, espacios interdigitales, bordes de la mano, arrugas y pliegues de la piel. Si la contaminación persiste se puede utilizar una disolución de permanganato potásico al 1% y posteriormente sumergir las manos en una disolución de bisulfito sódico al 5%, para eliminar la mancha producida por el permanganato.
- El cabello contaminado debe lavarse varias veces con un champú eficaz, aclarando con abundante cantidad de agua para evitar que los contaminantes se queden en las orejas y en la cara. Hay que tener especial cuidado para evitar que se contaminen los ojos, la nariz, oídos y boca. También se puede utilizar soluciones de ácido cítrico al 3% y ácido acético al 1%.
- Para la cara debe usarse abundante cantidad de agua y jabón, sirviéndose únicamente de las manos para frotarse y manteniendo cerrados la boca y los ojos.
- La descontaminación de los ojos debe efectuarse inmediatamente, lavando primero la parte exterior de los párpados y posteriormente, separando bien estos, hay que irrigarlos con gran cantidad de agua y procediendo posteriormente, a su lavado con soluciones específicas, y recipientes adecuados que hayan sido recomendados previamente por el servicio médico.
- Para las mucosas, fosas nasales y boca se utilizara suero fisiológico para hacer los lavados.
- En el caso de que las contaminaciones cutáneas persistan, a pesar de haber repetido varias veces los tratamientos especificados, las personas afectadas deberán pasar al servicio médico, para proceder, bajo su supervisión, a descontaminaciones más eficaces.
- Cuando la contaminación afecta a heridas abiertas pequeñas, cortes, pinchazos, etc..., debe procederse a su lavado inmediato con agua abundante, haciéndola sangrar en caso necesario y consultar al servicio médico lo antes posible.

- Interna: Existen tres posibles vías a través de las cuales se puede producir una contaminación interna: a través de heridas abiertas, por inhalación o por ingestión.

Además de la vía de entrada es necesario saber en que momento se produjo la contaminación, que isótopo la causó y cuanta actividad ha entrado en el organismo.

La actuación ante una contaminación interna dependerá de la vía de entrada del contaminante.

- o Si se produce a través de heridas abiertas:
 - Se debe actuar lo antes posible
 - Se someterá la herida a un chorro de agua fría a presión hasta que sangre.
 - Lavar con descontaminante no abrasivo o jabón neutro (no frotar de manera agresiva)
 - Aplicar antiséptico y cubrir.
- o Si se produce a través de inhalación o ingestión:
 - Se favorecerá la eliminación del contaminante aumentando la diuresis (bebiendo agua).
 - Cuando se produzca contaminación interna por ingestión o inhalación, se ha de comunicar a los supervisores de la Instalación la incidencia, estos valorarán la situación y remitirán a los afectados al Servicio Médico que podrá contar con su asesoramiento.

7.1.3. INFORMACIÓN IMPORTANTE

La universidad de Alcalá dispone de un Servicio Médico perteneciente al Servicio de Prevención, ubicado en el edificio de la Escuela Politécnica, donde se podrá acudir en caso de que se produzca una contaminación en una persona.

Aunque es muy remota la posibilidad de que se produzca una contaminación importante en los usuarios de esta instalación, la Guía 7.5 del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) establece las actuaciones a seguir en el caso de que se produzca un accidente en el cual una persona pueda recibir real o potencialmente una dosis por irradiación externa y/o contaminación interna que, en principio, sobrepasaría, en una exposición única, los límites de dosis establecidos en la legislación española. En dicha guía se especifica que es de obligado cumplimiento, la notificación inmediata, por parte de los supervisores de la Instalación, al CSN del accidente, en un plazo máximo de 24 horas. También se exponen las actuaciones a seguir en el lugar del accidente, los datos a recopilar de las personas afectadas y las formas de proceder para su traslado.

En la Guía antes mencionada también se indican los 9 centros médicos autorizados para el tratamiento de irradiados y contaminados en España. Ocho de ellos están en Centrales Nucleares Españolas y el noveno es el Centro de Radioprotección del Hospital Gregorio Marañón, C/ Ibiza nº 45 Tfno. 91 586 80 00, ext 8180. Este es el Centro al que se acudirá en última instancia para el tratamiento de las personas irradiadas/contaminadas, en el caso de que se sospeche que se pueden sobrepasar los límites establecidos en la legislación española.

8.- VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS

Los usuarios de la instalación radiactiva, por trabajar en zonas en las que existen riesgos de irradiación y contaminación radiactiva (zonas controladas y vigiladas), han de estar sometidos a vigilancia radiológica.

Como ya indicamos anteriormente, los usuarios de esta instalación radiactiva están clasificados en la categoría B de los trabajadores profesionalmente expuestos.

8.1. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS POR RADIACIÓN EXTERNA. DOSIMETRÍA PERSONAL

- Los dosímetros utilizados en nuestra Instalación, son de termoluminiscencia que permiten la lectura de la dosis superficial y la dosis profunda recibida por el trabajador. Estos dosímetros se pueden utilizar para medir la dosis individual de cada trabajador o para dosimetría de área.
- Los dosímetros se conseguirán a través de la Instalación Radiactiva.
- Uno de los problemas que presentan los dosímetros, es su ineficacia a la hora de detectar ciertos isótopos o pequeñas cantidades de otros. De los isótopos que manipulamos en nuestra Instalación, son válidos para los siguientes:

Isótopo	Validez	Isótopo	Validez	Isótopo	Validez
^3H	Nunca	^{35}S	A partir de 5 mCi	^{75}Se	Siempre
^{14}C	A partir de 5 mCi	^{36}Cl	Siempre	^{86}Rb	Siempre
^{22}Na	Siempre	^{45}Ca	A partir de 2 mCi	^{111}In	Siempre
^{32}P	Siempre	^{51}Cr	Siempre	^{125}I	A partir de 1 mCi
^{33}P	A partir de 2 mCi	^{59}Fe	Siempre	^{131}I	Siempre
$^{238/235}\text{U}$	Conveniente				

- Toda persona que trabaje con cantidades superiores a las indicadas en la tabla de esos isótopos, debe tener un dosímetro asignado.
- El coste de la adquisición de los dosímetros correrá a cargo de los responsables de investigación de los usuarios de la Instalación.
- El uso del dosímetro es personal e intransferible en el periodo entre lecturas y restringido a esta instalación.
- El dosímetro debe colocarse en la zona del tronco más expuesta, a la altura del pecho, sobre la bata. Si se utiliza ropa de protección contra la radiación el dosímetro debe colocarse debajo de esta.
- Cuando un dosímetro se pierda o se dañe, el usuario del mismo informará de forma inmediata al personal de la Instalación.
- Si existe la sospecha de sobreexposición del dosímetro, se notificará inmediatamente a la Instalación.
- Si un dosímetro resulta contaminado, será retirado de inmediato, se depositará en un contenedor adecuado y se informará de este hecho al personal de la Instalación.
- El dosímetro solo se utilizará en el lugar de trabajo para medir las dosis recibidas durante el desempeño de las funciones laborales del trabajador
- No se puede llevar puesto el dosímetro durante la realización de pruebas médicas (como paciente) en las que se utilicen radiaciones ionizantes.

- Al finalizar el trabajo, debe dejar el dosímetro en un lugar cerrado, protegido del calor, la luz y la humedad, donde solo exista el fondo natural de radiación.
- La responsabilidad del uso correcto del dosímetro recae sobre el propio usuario.
- De acuerdo con la legislación vigente, los dosímetros son cambiados y leídos una vez al mes aproximadamente. Esto se lleva a cabo en el Servicio de Dosimetría del Instituto de Salud Carlos III. Una vez leídos los dosímetros y puestos a cero son remitidos a la Instalación y desde aquí se distribuyen por correo interno a los distintos laboratorios. Los responsables de cada laboratorio están obligados a remitir inmediatamente a las dependencias centrales de la Instalación los dosímetros utilizados hasta el momento de recibir los nuevos.
- Los resultados de dichas lecturas enviadas por el Instituto de Salud Carlos III, son archivados en las dependencias centrales de la Instalación, reflejando los datos en las fichas médico dosimétricas de los usuarios. Estos resultados quedan a disposición de los usuarios que las podrán conocer siempre que lo soliciten.
- En aquellos casos en los que no sea posible las mediciones individuales de un usuario por carencia de dosímetro, la vigilancia individual se basará en estimaciones realizadas a partir de las mediciones hechas a otros usuarios que compartan trabajo y lugar de trabajo o a partir de los resultados obtenidos de la dosimetría de área.
- El nivel de referencia (referidos a la dosis profunda mensual) de 0.4 mSv será el establecido a partir del cual se informará al usuario que lo ha recibido y se investigaran las causas que hayan dado lugar a dicha dosis. Esta información, aparte de quedar reflejada en el Historial Dosimétrico de trabajador, pasará a formar parte del Diario de Operaciones de la Instalación.
- El nivel de referencia antes mencionado, es válido para dosímetros corporales, que miden la exposición total y homogénea. En el caso de utilizar dosímetros de dedo o de muñeca, deberemos multiplicarlos por diez, tras comprobar que se interponen los blindajes necesarios entre el usuario y la fuente.
- Los usuarios de esta Instalación, que lo sea además de otra u otras de forma simultánea llevará, si es necesario, un dosímetro en cada una de ellas (en función de las fuentes y/o equipos radiactivos utilizados) y está obligado a dar cuenta expresa de tal circunstancia a los supervisores de cada una de las instalaciones en que trabaje. Cada una de las Instalaciones le dará una copia de sus informes dosimétricos que entregará en la otra al objeto de que en todos los centros conste, actualizado y completo, su Historial Dosimétrico. Nunca se puede utilizar un mismo dosímetro en dos instalaciones distintas.

8.2. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS POR CONTAMINACIÓN INTERNA.

Lo expuesto en el punto anterior hace referencia fundamentalmente a la cuantificación de dosis recibida por radiación externa del trabajador. Sin embargo, en nuestra instalación también es posible que el trabajador pueda recibir dosis de irradiación procedente de la contaminación interna que por accidente pudiera ocurrir.

La determinación de las dosis debidas a contaminación interna se realizará mediante:

- Medidas directas: Medidas de tiroides. Esta puede ser necesaria si la contaminación interna se produce cuando se trabaja con radionucleidos de yodo (se realiza una medida estimativa, utilizando un monitor de contaminación para radioisótopos emisores gamma, provisto de un cristal de INa).
- Medidas indirectas: Bioensayos. Con ellos se trata de determinar los niveles de ^3H , ^{14}C , ^{35}S u otros emisores beta de baja energía, en fluidos biológicos (orina u otros fluidos).

En el caso de producirse una contaminación interna de algún trabajador los resultados quedarán reflejados en su Historial Dosimétrico y en el Diario de Operaciones de la Instalación Radiactiva y se procederá como se indica en el apartado 7.1.2. y 7.1.3.

8.3. VIGILANCIA MÉDICA

Dado que los usuarios de la Instalación pertenecen a la categoría B, la vigilancia médica es responsabilidad de los titulares de la Instalación. Se regirá por los Principios Generales de Medicina del Trabajo y en concreto por la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales y Reglamentos que la desarrollan.

Solo se precisa Certificado de Aptitud Medica para las solicitudes y renovaciones de las Licencias de Supervisor u Operador.

Recomendaciones para las mujeres embarazadas o en periodo de lactancia.

De acuerdo con la normativa vigente, las mujeres expuestas a radiaciones ionizantes que se encuentren embarazadas, así como las que se hallen en periodo de lactancia han de comunicarlo inmediatamente a los supervisores de la Instalación. Estas comunicaciones se harán por escrito.

El personal de la Instalación informará de las condiciones de trabajo adecuadas a los límites de dosis establecidos para esta situación de embarazo.

Las mujeres en periodo de lactancia no podrán manipular sustancias radiactivas que impliquen riesgos de contaminación interna.

8.4. HISTORIAL MÉDICO DOSIMÉTRICO

Cuando una persona se dé de alta como personal expuesto, se le abrirá una ficha médico dosimétrica, con los siguientes datos:

- datos personales
- cursos recibidos relacionados con las radiaciones ionizantes
- trabajos realizados con radiaciones ionizantes
- licencias de operador y/o supervisor de las que ha sido titular
- historial dosimétrico de las instalaciones donde haya trabajado

Aualmente, se incorporará a su historial una hoja con:

- dosis externas recibidas (indicando si son medidas o estimadas)
- reconocimiento médico, si se lo ha realizado, indicando el lugar de ejecución, la fecha y el resultado, que puede ser apto, apto condicionado o no apto.

En caso de haber sufrido algún incidente o accidente, que conlleve una contaminación interna, se incluirá una hoja en el historial con los siguientes datos:

- informe del accidente, que incluirá los datos mínimos a aportar al Servicio médico especializado a donde se derive a la persona:
 - momento exacto del accidente
 - tipo de accidente (ingestión, inhalación o a través de la superficie corporal)
 - constitución físico-química del radionucleido
 - actividad total liberada en el accidente
- medidas realizadas para determinar la dosis por contaminación interna (tanto directas como indirectas)
- informe del Servicio médico especializado a donde se derive

Al darse de baja, se incluirá una hoja del historial médico dosimétrico, donde se reflejarán:

- los datos personales
- fechas de alta y de baja

- dosis recibidas anualmente durante los años que ha estado dado de alta (indicando si es medida o estimada)
- reconocimientos a los que se ha sometido en los años en que ha estado de alta, indicando el Servicio médico que lo ha realizado y el resultado (apto o no apto)

Los Historiales Dosimétricos estarán siempre a disposición de CSN

Los Historiales médico-dosimétricos serán archivados por el titular de la Instalación, hasta que el trabajador haya alcanzado la edad de 75 años y nunca por un periodo inferior a 30 años después de que el trabajador cese en aquella actividad que supuso su clasificación como trabajador expuesto.

9. VIGILANCIA Y CONTROL DE FUENTES Y MATERIAL RADIATIVO

9.1. ADQUISICIÓN

Todos los pedidos de material radiactivo para nuestra Instalación, tienen que ser hechos a través del personal de la Instalación de Radiactividad.

Los usuarios, solicitan a este personal el material que necesitan, y, éstos, tras comprobar que no se superarán los límites autorizados (para dicho isótopo), efectuará el pedido a las casas comerciales, tras apuntar en el "cuaderno de pedidos", entre otros, los siguientes datos:

- producto pedido (nombre)
- isótopo
- cantidad
- casa suministradora
- referencia
- peticionario (nombre, Departamento y teléfono)
- uso a que se destina

9.2. RECEPCIÓN

Igualmente, todos los pedidos son recepcionados por el personal de la Instalación, diferenciando entre emisores α , emisores β y emisores γ , conduciéndolos a la zona de almacenamiento correspondiente.

Una vez en la recibido, se comprueba que el producto ha llegado a la Instalación debidamente blindado y en perfecto estado, abriendo una ficha (anexo III) con los siguientes datos, que se archiva en el "cuaderno de almacenamiento" correspondiente.

Al contenedor del producto se le coloca una etiqueta con los siguientes datos:

- | | | |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| - producto | \| | - número de ficha |
| - isótopo | \| | - fecha recepción |
| - usuario (departamento y teléfono) | \| | - casa suministradora y referencia |

Para finalizar los trámites de recepción, se apuntará en el "cuaderno de pedidos" la fecha de recepción, y, en el "cuaderno de almacén", en la hoja del isótopo correspondiente, se apuntarán, entre otros, los siguientes datos:

- | | | |
|---------------------|--|-------------------|
| - producto | \| | - fecha recepción |
| - actividad | \| | - concentración |
| - fecha calibración | \| | - número de ficha |

9.3.- INVENTARIO Y ALMACENAMIENTO

Los productos se guardan en los frigoríficos, congeladores o armarios blindados de las zonas de almacenamiento correspondientes, debidamente señalizados (como material radiactivo), identificados (con la etiqueta que pusimos al contenedor al recibir el producto) y blindados; la ficha abierta al recibir el producto, se guarda en el Cuaderno de Almacenamiento antes mencionado.

**TODO PRODUCTO QUE NO CUMPLA DICHAS CONDICIONES,
SERÁ TRATADO COMO RESIDUO.**

El inventario de los productos almacenados, se realiza a dos niveles:

- a nivel de producto, mediante las fichas de cada uno (Anexo III), archivadas en el "cuaderno de almacenamiento" (junto a los lugares de almacenamiento)

- a nivel de isótopo, mediante las hojas de cada uno, archivadas en el "cuaderno de almacén", guardado en el despacho de la Instalación.

9.3.1. A NIVEL DE PRODUCTO

Como ya dijimos antes, al recepcionar un producto, se hace una ficha del mismo (Anexo III), que se archiva en un “cuaderno de almacenamiento” ubicado junto al lugar donde se guardan (en las dependencias centrales, hay uno en cada cámara caliente).

En dicha ficha, hay una tabla, para que cada usuario anote cada vez que lo utilice, los siguientes datos:

- fecha de la manipulación
- nombre del usuario que realiza la manipulación
- volumen retirado
- actividad retirada
- fin a que se destina

Además, la ficha presenta en la parte inferior, tres casillas, con los siguientes enunciados:

- eliminación como residuo (marcar cuando el producto, sin estar acabado, no se va a volver a utilizar y se elimina como residuo radiactivo)
- finalización (marcar cuando se elimina el vial, como residuo radiactivo, por haberse acabado el producto)
- retirada para almacenamiento en el laboratorio (marcar cuando se retira el vial con todo el producto para almacenarlo y manipularlo en un laboratorio)

Junto a estas casillas, cuando se rellene una, se debe anotar la fecha y el nombre de la persona que ha realizado la anotación.

Además del caso de utilizar el producto siempre en las dependencias centrales, cogiendo en cada ocasión la cantidad necesaria para el experimento (anotando cada vez en la tabla la cantidad usada) hasta que el vial se termine o se elimine como residuo (marcando la casilla correspondiente), hay otras posibles utilidades de un producto que deben ser contempladas:

- a) utilización del producto para marcar otras sustancias, que se almacenarán y se usarán fraccionadamente más adelante
- b) alícuotación del producto, para utilizar las fracciones en diversos experimentos
- c) elaboración de una alícuota para su retirada y posterior almacenamiento en un laboratorio
- d) retirada del vial para su almacenamiento y manipulación en un laboratorio

a) En el caso de utilización del producto para marcar otras sustancias, que se almacenarán y se usarán fraccionadamente más adelante, anotaremos en la ficha del producto los datos habituales en una manipulación y abriremos una ficha nueva (Anexo III) para las sustancias marcadas, que incluirá los siguientes datos:

- número de ficha (será el mismo que el del producto de partida/1, 2, ...)
- producto de partida
- usuario (departamento y teléfono)
- actividad total de las alícuotas (la misma que la del producto original)
- fecha de marcaje
- número de alícuotas, volumen y concentración de actividad de cada una

Dicha ficha se archivará en el “cuaderno de almacenamiento” y cada vez que se utilice alguna alícuota se anotará en ella la fecha, la cantidad (volumen o alícuotas) utilizada, el usuario que las utiliza y el fin a que se dedican.

En el contenedor donde se guarden las alícuotas, se colocará una señalización de material radiactivo y una etiqueta que incluya los siguientes datos:

- número de ficha
- fecha
- usuario (departamento y teléfono)
- producto
- isótopo

Además, la ficha llevará una tabla, para ir anotando (con los mismos datos que en las fichas de producto) las utilidades parciales, y las mismas casillas que las fichas de productos, para anotar la forma y fecha de finalización

b) En el caso de preparación de alícuotas del producto, guardando las alícuotas para el uso posterior de éstas en diferentes experimentos, podemos diferenciar si se alícuota todo el producto o sólo una parte; la diferencia entre ambos casos es que en la ficha del producto, en el primero de los casos, además de anotar la cantidad utilizada, hay que marcar la casilla “finalización”, indicando la

fecha y la persona que prepara las alícuotas (en el segundo, sólo la primera parte). En ambos casos, se hará una ficha nueva (Anexo III) para las alícuotas, en la que se incluirán los siguientes datos:

- número de ficha (será el mismo que el del producto de partida/1, 2, ...)
- producto de partida
- usuario (departamento y teléfono)
- actividad total de las alícuotas (la misma que la del producto original)
- fecha de calibración del producto original
- número de alícuotas, volumen y concentración de actividad de cada una

Dicha ficha se archivará en el “cuaderno de almacenamiento” y cada vez que se utilice alguna alícuota se anotará en ella la fecha, la cantidad (volumen o alícuotas) utilizada, el usuario que las utiliza y el fin a que se dedican.

En el contenedor donde se guarden las alícuotas, se colocará una señalización de material radiactivo y una etiqueta que incluya los siguientes datos:

- número de ficha
- fecha
- usuario (departamento y teléfono)
- producto
- isótopo

Además, la ficha llevará una tabla, para ir anotando (con los mismos datos que en las fichas de producto) las utilizaciones parciales, y las mismas casillas que las fichas de productos, para anotar la forma y fecha de finalización.

c) El caso de elaboración de una alícuota para su retirada y posterior almacenamiento en un laboratorio, es igual que el anterior, con la diferencia de que en vez de señalar y etiquetar el contenedor donde guardamos las alícuotas, hay que etiquetar el contenedor de la propia alícuota y que en vez de anotar en la ficha el número de alícuotas consumidas en cada manipulación, se anotará el volumen consumido.

d) En el caso de retirada del vial que contiene el producto para su almacenamiento y posterior manipulación en un laboratorio autorizado, se hará una copia de la ficha, para llevársela junto al producto, y, en la ficha inicial se marcará la opción de “retirada para almacenamiento en el laboratorio”, indicando la fecha y la persona que hace el traslado. En el laboratorio, la ficha que se ha hecho se mantendrá junto al lugar de almacenamiento, para que cada vez que se utilice el producto se anoten los mismos datos que si estuviese en las dependencias centrales.

9.3.2. A NIVEL DE ISÓTOPO

Existen dos “Cuadernos de Almacén”:

- Cuaderno de Almacén: con los productos almacenados en las dependencias centrales
- Cuaderno de Almacén - Laboratorios: con los productos almacenados en los laboratorios

Ambos cuadernos están clasificados por isótopos y en la hoja de cada isótopo se anotan todos los productos marcados con dicho isótopo según se reciben, anotando:

- número de ficha
- nombre del producto
- fecha de recepción
- concentración, actividad específica y volumen en el momento de recepción
- fecha de calibración
- usuario que lo adquirió

Para mantener al día el inventario de cada isótopo, mensualmente anotaremos en las hojas de cada uno la cantidad consumida de cada producto, obteniendo dicha cantidad de las fichas de los "cuadernos de almacenamiento" (si los productos están depositados en las dependencias centrales) o

de las fichas ubicadas junto al lugar de almacenamiento (si los productos se almacenan en laboratorios).

Cuando anotemos una ficha en el “Cuaderno de Almacén – Laboratorios”, porque se ha trasladado un producto, o unas alícuotas a un laboratorio, debemos anotar en el “Cuaderno de Almacén” que el producto llevado al laboratorio se ha utilizado entero.

Si en algún momento hay una cantidad de actividad de un isótopo que haga temer que se pueda sobrepasar la actividad máxima permitida para dicho isótopo, antes de pedir un producto marcado con el isótopo en cuestión, habrá que comprobar en la hoja del isótopo (poniéndola al día si es necesario), que no se supera dicha cantidad.

9.4. TRASLADOS DEL MATERIAL RADIATIVO

Los traslados de material radiactivo deben reducirse lo máximo posible. Cuando sean inevitables, se deben respetar las siguientes normas:

- los materiales deben ir perfectamente blindados, impidiendo la irradiación externa y reduciendo el riesgo de contaminación
- los materiales y sus contenedores, deben ir señalizados como material radiactivo, de forma visible
- en el caso de transporte de líquidos, éstos deben ir en recipientes perfectamente cerrados y deben ir provistos de doble contenedor, de forma que si se rompe uno, el líquido quedará retenido en el segundo
- la duración del transporte debe ser lo más breve posible, evitando cualquier retraso o detención, hasta llegar al lugar de destino

9.5.- GESTIÓN DE MATERIALES RESIDUALES CON CONTENIDO RADIATIVO

Residuo radiactivo es cualquier material o producto de desecho, para el cual no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Industria y Energía, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear (LEY 54/1997, de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico (BOE nº 285, 28/11/97))

El plan de gestión de materiales residuales con contenido radiactivo tiene en cuenta una serie de operaciones que hacen de esta gestión un procedimiento seguro y económico, minimizando los riesgos de contaminación e irradiación para el personal expuesto y para el público en general, y reduciendo el impacto de dichos residuos sobre el medio ambiente. Estas operaciones son las siguientes:

- Caracterización
- Clasificación
- Segregación
- Recogida en origen
- Señalización
- Almacenamiento temporal y registro
- Evacuación y registro

La Instalación dispone de un manual en el que se detallan exhaustivamente los procedimientos a seguir para el tratamiento de estos residuos.

9.5.1. CARACTERIZACIÓN

La caracterización es uno de los procesos fundamentales en la gestión de los materiales residuales con contenido radiactivo. Consiste en determinar, con la mayor exactitud y fiabilidad posible, la actividad de los residuos que se generan en el desarrollo de las técnicas radioisotópicas. Para ello es importante tener en cuenta el radionucleido contaminante, la actividad de partida y sus propiedades fisicoquímicas.

Una adecuada caracterización resulta esencial para poder escoger la vía de gestión más apropiada de los materiales residuales con contenido radiactivo.

- a) Los procedimientos de caracterización, tanto de residuos líquidos, de sólidos o de mixtos están perfectamente detallados en el manual antes mencionado.

9.5.2 CLASIFICACIÓN

Los criterios básicos aplicados para la clasificación de los residuos han sido:

- Tipo de radionucleido presente
- Vía de evacuación de los residuos
- Tipología o estado físico de los residuos

En función del radionucleido presente

Siempre procuraremos clasificar los materiales residuales con contenido radiactivo en función del radionucleido contaminante. Así, siempre que sea posible, utilizaremos distintos recipientes para los distintos radionucleidos.

En función de la vía de evacuación

Según la vía de eliminación de los materiales residuales con contenido radiactivo los podemos clasificar en dos grupos:

- a) Residuos a evacuar por la vía convencional - Esto es, la eliminación de los residuos por cualquier vía en la que no sea necesario llevar a cabo ningún tipo de actuación debida a su condición de radiactivo. Esto implica que se consideran vías de evacuación convencional las de eliminación como residuos urbanos y controlada, como residuos tóxicos, biosanitarios o citotóxicos.

A los residuos que se eliminan por la vía convencional, también se llaman residuos de Gestión Interna. Se trata de aquellos residuos que contienen radionucleidos cuya actividad específica o concentración radiactiva está o llegará a estar en un periodo más o menos corto por debajo del valor de referencia para considerarlo residuos radiactivos. Dentro de este grupo se hará una subdivisión a efectos prácticos, entre los que se podrían eliminar directamente por rutas convencionales y los que después de un tiempo apropiado de decaimiento de su actividad pueden desecharse por estas rutas convencionales. Normalmente, se eliminarán por la vía convencional los residuos que tienen un periodo de semidesintegración inferior a 200 días.

- b) Evacuación a través de una empresa autorizada (ENRESA) - En este caso se trata de residuos radiactivos que contienen radionucleidos cuyo periodo de semidesintegración es superior, en general, a 200 días y su actividad supera los valores establecidos en la ORDEN ECO/1449/2003 de 21 de mayo (BOE 5 de Junio de 2003) para los sólidos o los indicados en la última resolución de modificación para residuos líquidos y que se exponen en el procedimiento de gestión de los materiales residuales con contenido radiactivo en la tabla incluida en el apartado 2.1.1. para los residuos sólidos o el reseñado en el apartado 2.1.2. para los residuos líquidos.

La empresa que lleva a cabo la retirada de residuos radiactivos de las Instalaciones radiactivas, en España, es la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA). Esto implica el cumplimiento de una serie de requisitos técnicos y administrativos establecidos por dicha entidad, denominados criterios de aceptación, que están especificados en el contrato suscrito entre la Instalación Radiactiva y ENRESA.

Atendiendo a su tipología o estado físico

Este es un sistema, también, imprescindible para la correcta gestión de los materiales residuales con contenido radiactivo y es necesario tenerla en cuenta desde que se generan para su correcta segregación, con objeto de optimizar su gestión.

En función de su tipología, los materiales residuales con contenido radiactivo los podemos clasificar en 6 grandes grupos, que son:

- a) Sólidos, que se subclasifican en:

- a. Compactables. Son aquellos, que como su nombre indica, se les pueden aplicar sistemas de compactación para la reducción de su volumen. Dentro de este grupo se pueden incluir: Papeles, guantes, placas de cultivos celulares, columnas de filtración, geles, membranas, tubos, viales de plástico vacíos de líquido, etc
 - b. No compactables. Aquí se incluyen materiales rígidos de ciertas dimensiones, agujas hipodérmicas, materiales punzantes y otros.
- b) Líquidos, que atendiendo a su composición química los podemos clasificar en:
- a. Orgánicos, como las mezclas de centelleo o disolventes de esta condición.
 - b. Acuosa, como disoluciones salinas, ácidas o básicas
- c) Mixtos. En general, son viales o tubos que contienen una cierta cantidad de líquido. Se trata, fundamentalmente, de viales de centelleo cerrados que contienen la muestra radiactiva mezclada con líquido de centelleo.
- d) Biológicos, que incluyen:
- a. Cadáveres de animales
 - b. Muestras biológicas, como órganos, tejidos y diferentes fluidos corporales
- e) Fuentes encapsuladas. En este grupo se incluyen las fuentes en desuso, que hayan sido utilizadas para la verificación de los monitores de contaminación y radiación, así como las fuentes procedentes de los contadores de centelleo u otros equipos en desuso.
- f) Otros residuos de difícil inclusión en los grupos anteriores y que requieren una caracterización y un tratamiento diferenciado como son las sales de uranio y torio, u otros considerados sólidos especiales.

9.5.3. SEGREGACIÓN. CRITERIOS

La segregación se debe realizar en origen, es decir, en el momento de la producción de los mismos, aplicando los criterios que apuntamos a continuación:

- a) Minimizar la producción de residuos con contenido radiactivo
- b) No mezclar residuos de diferentes radionucleidos contaminante, evitando en lo posible la mezcla de isótopos.
- c) No mezclar residuos con contenido radiactivo con otros tipos de residuos: Permite minimizar el volumen de materiales residuales con contenido radiactivo generados, facilitando su control y economizando el proceso de gestión.
- d) No mezclar residuos muy activos con otros menos activos: La actividad, expresada como actividad específica (sólidos) y concentración radiactiva (líquidos), es un factor muy importante para establecer las medidas de seguridad, blindaje y contención a utilizar durante todas las operaciones de gestión. Su valor también indica si un residuo se puede evacuar como convencional inmediatamente y si no es así, se puede determinar el periodo de almacenamiento temporal antes de su evacuación convencional ($T_{1/2} < 200$ días) o si se ha de transferir a ENRESA ($T_{1/2} > 200$ días).
- e) Separar los residuos en los siguientes grupos:
 - Sólidos compactables
 - Sólidos no compactables
 - Líquidos acuosa
 - Líquidos orgánicos
 - Mixtos
 - Biológicos
 - Fuentes encapsuladas: Las fuentes encapsuladas han de separarse de todo tipo de residuos ya que deberán ser devueltas al suministrador o bien han de ser transferidas de forma separada a ENRESA. En este

caso son imprescindibles los datos procedentes del suministrador en cuanto a las características radiológicas de los radionucleidos encapsulados y del contenedor del transporte.

- etc.

Esta segregación es necesaria ya que los métodos de almacenamiento y eliminación tras decaimiento, o acondicionamiento para almacenamiento a largo plazo o transferencia a ENRESA serán diferentes en cada caso.

- f) Identificar los residuos con riesgo químico y/o biológico adicional: Los materiales residuales con contenido radiactivo que contengan riesgo químico y/o biológico adicionales, deberán ser segregados con objeto de aplicar los métodos, medidas de inactivación y seguridad necesarios en las diferentes fases de gestión para minimizar dichos riesgos. El tratamiento de estos residuos seguirá el Documento “Normas generales de obligado cumplimiento para la gestión y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos en la Universidad de Alcalá”, distribuido por el Servicio de Contratación y Asuntos Generales en octubre de 1997 o la reciente guía de seguridad editada por la Universidad de Alcalá (Servicio de Prevención y Vicerrectorado de Campus y Calidad Ambiental).
- g) Utilizar siempre los contenedores más adecuados desde el punto de vista de la seguridad y protección radiológica, para cada radionucleido y tipo de residuo, según se indica a continuación:
- Sólidos compactables
 - $T_{1/2} > 200$ días.....bolsas plástico ENRESA
 - $T_{1/2} < 200$ días.....bolsas plástico Instalación
 - Sólidos rígidos
 - agujas hipodérmicas
 - $T_{1/2} > 200$ días.....recipientes específicos ENRESA
 - $T_{1/2} < 200$ días.....botes rígidos 2 l. Instalación
 - muy calientes, punzantes o cortantes.....botes rígidos 2 l. Instalación
 - Líquidos acuosos y orgánicos (diferenciados entre ellos)
 - $T_{1/2} > 200$ días..... botes rígidos 2 l. Instalación y lecheras ENRESA
 - $T_{1/2} < 200$ días.....botes rígidos 2 l. Instalación
 - Biológicos (cadáveres de animales).....bolsas herméticas Instalación
 - Viales de plástico con líquidos de centelleo
 - $T_{1/2} > 200$ días.....bolsas plástico ENRESA
 - $T_{1/2} < 200$ días.....bolsas plástico Instalación
- h) Atender a los requerimientos específicos del gestor autorizado: La instalación radiactiva deberá cumplir los criterios de segregación y preacondicionamiento que, posteriormente, permitan su almacenamiento definitivo por ENRESA u otro gestor. Así, por ejemplo, ENRESA suministra bolsas de unos 25 litros de capacidad para residuos sólidos y mixtos y contenedores de residuos líquidos también de 25 litros.

Los residuos radiactivos, pueden generarse en diferentes dependencias, variando en cada caso el blindaje necesario (tanto para la contención como para el traslado). Pero la forma de segregación, así como los recipientes utilizados en su contención, debe ser idéntica en todos los casos, para facilitar la clasificación de los residuos y poder almacenarlos de manera adecuada.

En cualquier dependencia en la que estén, LOS RESIDUOS DEBEN ESTAR SIEMPRE ADECUADAMENTE BLINDADOS, Y, SEÑALIZADOS COMO MATERIAL RADIATIVO DE FORMA BIEN VISIBLE.

9.5.4. BLINDAJES

- Residuos sólidos y líquidos de media actividad en botellas de polipropileno de 2 l
 - Emisores gamma: Contenedores plomados de diferente espesor en función de la energía máxima de emisión del radionucleido contaminante. Por ejemplo, para el ^{125}I se utilizan contenedores de plomo de 1,5-3 mm de espesor.

- Emisores beta: Contenedores de metacrilato o PVC transparente de 1-1,5 cm de espesor. Si se producen radiaciones de frenado (^{32}P por ejemplo) se utilizará un blindaje secundario de plomo de 1,5-2mm de grosor.
- Residuos sólidos de baja actividad en bolsas de 25 litros
 - Emisores gamma: contenedores con revestimiento interno de plomo de 1,5 a 3 mm de espesor.
 - Emisores beta: contenedor de PVC o metacrilato de 1-1,5 cm de espesor.
- Cadáveres de animales de experimentación en contenedores para residuos biosanitarios: se guardarán en un arcón congelador dispuesto en el almacén de residuos de la Instalación Radiactiva, que está recubierto con láminas de plomo de 3 mm de espesor.
- Sistemas de retención de residuos gaseosos: los filtros de los sistemas de ventilación y los de las campanas de extracción forzada se depositarán en los nichos del almacén de residuos. Nichos plomados para aquellos que estén contaminados con radionucleidos que emiten radiación gamma y en nichos con PVC para los que estén contaminados con radionucleidos que emitan beta

TODOS LOS MATERIALES RESIDUALES CON CONTENIDO RADIATIVO, se generen donde se generen, DEBEN SER EVACUADOS PERIÓDICAMENTE AL ALMACÉN GENERAL DE RESIDUOS ubicado en las dependencias centrales de la Instalación Radiactiva. Estos residuos han de llegar al almacén perfectamente segregados.

9.5.5. SEÑALIZACIÓN

Uno de los principales sistemas de prevención es la señalización indicativa de riesgos potenciales. Por tanto, cuando los recipientes estén llenos o no se vayan a añadir nuevos residuos se procederá a su cierre, sellado y etiquetado. Este etiquetado se realizará mediante etiquetas adhesivas en las que figuren al menos lo siguiente:

- Radioisótopo contaminante
- Actividad
- Peso o volumen
- Actividad específica o concentración radiactiva
- Tasa de dosis en contacto y a un metro de distancia cuando sea necesario indicarlo
- Tipo de residuo (sólido, líquido, mixto)
- Fecha de cierre
- Número de contenedor
- Laboratorio de procedencia
- Indicador de riesgos biológicos y/o químicos adicionales

Mientras los residuos estén en el laboratorio de generación, deben estar señalizados como material radiactivo, con identificación clara del isótopo del que se trata. Dado que los contenedores (botes de 2 litros y bolsas de plástico) están metidos en otros contenedores que sirven de blindaje, la identificación del radionucleido ha de estar fijada en estos últimos. Además, estos contenedores han de llevar una etiqueta amarilla con el trébol radiactivo en rojo y la leyenda "ATENCIÓN MATERIAL RADIATIVO".

9.5.6. TRANSPORTE INTERNO

Los residuos serán transportados por los usuarios de la Instalación, desde su punto de origen, donde se han generado, hasta el almacén de residuos donde se entregará al personal de la Instalación. El transporte se realizará empleando sistemas adecuados de contención, blindados y cerrados para evitar la dispersión del material radiactivo en caso de incidente.

9.5.7. RECEPCIÓN DE RESIDUOS

Los residuos deben ser entregados al personal de la Instalación que seguirá el siguiente protocolo:

- Se comprobará la correcta segregación de los residuos, el correcto etiquetado y el cierre de las unidades de contención y fecha de entrada.

- Se realizarán las medidas pertinentes tanto a residuos sólidos como líquidos para rellenar las etiquetas mencionadas anteriormente y se ubicarán en el almacén en el lugar correcto con el blindaje adecuado.
- Se anotará la entrada en los registros correspondientes y con las anotaciones que se indican en el procedimiento de gestión de residuos.

9.5.8. ALMACÉN DE RESIDUOS

Nuestro almacén de residuos tiene dos zonas claramente diferenciadas. Una de ellas está diseñada para almacenar residuos que contienen radionucleidos que emiten radiación beta y otra para los que emiten radiación gamma. Ambas zonas contienen nichos de hormigón con distintos blindajes aptos para depositar los residuos siguiendo los estrictos criterios de protección radiológica para minimizar el riesgo radiológico tanto a las personas como al medio ambiente. También disponemos de un arcón congelador debidamente blindado para almacenar cadáveres de animales.

Los residuos se dispondrán ordenadamente en el almacén según el tipo de emisión y tipología y atendiendo a la fecha de entrada.

Los residuos con riesgos adicionales necesitan unos requerimientos un poco distintos de los que solo poseen riesgo radiológico. Todo esto se describe en el procedimiento de gestión de residuos

9.5.9. TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO

- Para los residuos transferibles a ENRESA el tiempo abarcará desde la fecha de recepción en el almacén de residuos hasta su retirada por dicha empresa.
- Para los residuos de gestión interna que se evacuarán por vía convencional, se tendrá en cuenta la actividad de los residuos y los periodos de semidesintegración de los radioisótopos contaminantes. Se realizarán los cálculos necesarios para determinar, en cada tipo de residuo, el tiempo necesario para alcanzar los valores de actividad por unidad de masa o por unidad de volumen establecidos en los procedimientos de gestión de residuos de nuestra instalación

9.5.10. REGISTRO DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS

Los residuos generados y almacenados deberán estar correctamente registrados en el cuaderno de almacén. Se llevará un registro, por duplicado, manteniendo una copia en el almacén de residuos y otra en el despacho de la Instalación.

Los datos de los residuos que deben registrarse se especifican en los procedimientos de gestión de residuos.

9.5.11. EVACUACIÓN DE RESIDUOS

La evacuación de los materiales residuales con contenido radiactivo sólo la podrá realizar el personal de la Instalación Radiactiva. En ningún caso la llevarán a cabo directamente los usuarios de la Instalación. Estos trasladarán los residuos a las dependencias centrales y será el personal de estas dependencias el que les de el tratamiento más adecuado, después de efectuados los correspondientes controles.

Los criterios de evacuación están reflejados en los procedimientos de gestión de residuos.

10.-INSTRUCCIÓN TÉCNICA SOBRE NOTIFICACIÓN DE SUCESOS Y NOTIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS

10.1. NOTIFICACIÓN DE SUCESOS AL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Las disposiciones legales para la notificación e información de sucesos se encuentran recogidas en el apartado b) del artículo 73 del Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas y en el condicionado de la autorización

Para la notificación de sucesos se seguirá la clasificación que se especifica en este apartado.

Una vez conocido el suceso, el plazo máximo de notificación es de 1 hora para los sucesos recogidos en el apartado 10.1. y dentro de las primeras 24 horas para aquellos incluidos en el apartado 10.2. La notificación se realizará según se expone en el apartado 10.3.

En el plazo de 10 días, e independientemente de la notificación, el titular enviará un informe sobre el suceso según modelo remitido por el CSN.

Todos los sucesos serán notificados a la Sala de Emergencias del Consejo de Seguridad Nuclear (SALEM); asimismo, se notificará a la autoridad competente de la Comunidad Autónoma de Madrid.

10.1.1. SUCESOS NOTIFICABLES EN UNA HORA

Dentro de esta clase de sucesos se incluyen aquellos sucesos que se produzcan en la instalación radiactiva y que puedan precisar de intervención exterior inmediata (bomberos, policía, etc), como, por ejemplo:

- Desaparición (pérdida o robo) de fuentes radiactivas de uso en gammagrafía industrial, teleterapia, o irradiadores
- Sucesos internos a la instalación, con pérdida temporal del control, y que pueda constituir una amenaza para la seguridad de la instalación (incendio en la instalación con una duración superior a 10 minutos, inundaciones cerca de la ubicación de los equipos y/o del material radiactivos o liberación de sustancias tóxicas o explosivas dentro de la instalación)
- Fenómeno natural o exterior que pueda constituir una amenaza para la seguridad de la instalación (vientos o precipitaciones intensas, incendio próximo a la instalación no controlado, emisión de sustancias tóxicas peligrosas tales que den lugar a concentraciones inadmisibles en la instalación, o explotaciones cercanas o en la propia instalación)
- Amenaza a la seguridad física (intento de intrusión o sabotaje, degradación intencionada de la seguridad física, bloqueo de accesos, amenaza verosímil de bomba).

10.1.2. SUCESOS NOTIFICABLES COMO MÁXIMO EN 24 HORAS

Dentro de esta clase de sucesos se incluyen aquellos sucesos que se produzcan en la instalación radiactiva y que puedan tener consecuencias radiológicas sobre las personas, dependencias, equipos o medio ambiente, sin requerir intervención externa como, por ejemplo:

- Desaparición (pérdida o robo) de fuentes radiactivas, encapsuladas, tales como las que se emplean en braquiterapia, equipos móviles de medida de densidad y humedad en suelo, controles de procesos industriales, y no encapsuladas, como las usadas en medicina nuclear y laboratorios de investigación.
- Cualquier vertido no programado o no controlado de material radiactivo al exterior de la instalación.
- Cualquier suceso en el cual una persona haya podido recibir, real o potencialmente, una dosis de irradiación externa o por contaminación interna, que pudiera sobrepasar, en una exposición única, los límites de dosis establecidos en la legislación española, (por ejemplo por fallo de equipo, equipo dañado, no retracción de la fuente a su posición de blindaje, o almacenamiento, acceso incontrolado a lugares con altos niveles de radiación como salas o recintos de irradiación, fallo en sistemas de seguridad de la instalación).
- Cualquier suceso o condición interna que tenga un potencial impacto en la seguridad de la instalación (sobre enclavamiento, monitores, alarmas).

- Cualquier fenómeno natural o condición externa a la instalación que tenga un potencial impacto en la seguridad de la instalación y que no se incluya en los sucesos anteriores descritos en el apartado 10.1.
- Contaminación de zonas no programadas por diseño debidas a derrames o liberación de material radiactivo por pérdida de hermeticidad de la fuente, por rotura del sistema de vertido controlado, del vial u otro sistema de contención del material, contaminación no desprendible de equipos.
- Cualquier otro suceso no recogido en los puntos anteriores y que pudiera dar lugar, a juicio del titular, a exposiciones a los miembros del público (pacientes con fuentes o material radiactivo incorporado fuera del control o descubrimiento de material radiactivo no controlado).
- Cualquier otro suceso no recogido en los puntos anteriores y que pudiera tener, a juicio del titular, importancia para la seguridad.

10.1.3. MODO DE REALIZAR LA NOTIFICACIÓN

La notificación inicial podrá realizarse por teléfono. Posteriormente, y dentro del plazo establecido, deberá realizarse por escrito, mediante fax, incluyendo la siguiente información:

- Identificación de la persona que llama. Teléfono de contacto.
- Identificación de la instalación.
- Descripción del suceso incluyendo fecha y hora del mismo.
- Localización exacta del suceso.
- Isótopo, actividad, forma física y química del material afectado/marca y modelo del equipo generador de radiaciones.
- Cualquier dato disponible sobre exposición de las personas.
- Medidas tomadas por el titular.

El modelo del informe con la información a enviar al Consejo de Seguridad Nuclear en el plazo de 10 días se encuentra en las dependencias centrales de la Instalación Radiactiva en la Carpeta “Legislación”.

10.2. NOTIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS

Según establece el R.D. 1836/1999, modificado por el R.D. 35/2008 todo el personal de la organización de la instalación podrá comunicar al titular, en este caso el Rector, por escrito y directamente aquellas deficiencias o disfunciones, que, a juicio del comunicante, pudieran afectar a la seguridad nuclear o a la protección radiológica. Este procedimiento es adicional al normalmente habitual de comunicación a los supervisores de la instalación. El comunicante deberá recurrir al primer método descrito si, tras comunicar alguna deficiencia por los canales habituales de comunicación, llegara a la conclusión de que su denuncia o reclamación no ha sido debidamente atendida. Estas comunicaciones se registrarán en el diario de operaciones.

El comunicante, si se ha identificado, recibirá respuesta por escrito en siete días hábiles por parte del titular de la instalación. Si no es así, el comunicante deberá transmitir la información al CSN.

11.- VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

Con objeto de dar cumplimiento a las exigencias de la Circular CSN/SRO/CIRC-13 y a la comunicación por correo electrónico del Consejo de Seguridad Nuclear se realizará el siguiente programa de Calibración y Verificación.

Los monitores y sus sondas disponibles en estos momentos en nuestra instalación son:

Monitores esenciales:

Tipo	Medida	Marca	Modelo	Nº serie
Monitor centelleo sólido		Mini Instruments	Serie 900	47634
Sonda centelleo sólido	Contaminación	Mini Instruments	¹²⁵ I tipo 44-A	3534
Monitor	Radiación	Rotem	RAM DA-3 2000	8305-003
Sonda G.M.	Contaminación	Rotem Industries	GM-10	3693-196
Sonda centelleo sólido	Contaminación	Rotem Industries	PM-10	05133022
Monitor G.M.		Mini Instruments	Serie 900	53264
Sonda G. M.	Radiación	Mini Instruments	G. M. tipo D	
Monitor	Contaminación	Rotem	RAM GENE	1603-178

Monitores de reserva

Monitores Instalación:

Tipo	Medida	Marca	Modelo	Nº serie
Monitor		Ludlum	Ludlum 2	86378
Sonda G.M.	Contaminación	Ludlum	44-7	PR 098984
Sonda G.M.	Contaminación	Ludlum	44-6	PR 077685
Monitor centell sólido		Mini Instruments	Serie 900	51832
Sonda centell sólido	Contaminación	Mini Instruments	¹²⁵ I tipo 44-A	3896
Monitor	Radiación	Rotem Industries	RAM DA-3	12113085
Sonda cámara ionización	Radiación	Rotem Industries	IC-10B	3593-023
Monitor proporcional	Contaminación	Berthold	LB-122	490624-5277
Monitor	Radiación	Xetex.Inc	XETEX-305B	11743

Monitores Departamentos

Tipo	Marca	Modelo	Nº serie	Propietario
Monitor G.M.	Technical Associated	TBM-3S	12908	Dpto. Fisiología Vegetal
Monitor G.M.	Mini Instruments, serie 900	EP-15	D0001372	Dpto. Fisiología Vegetal
Monitor G.M.	Mini Instruments, serie 900	EP-15	45038	Dpto. Microbiología III
Monitor G.M.	Atomic Products Corp.	069-701		Dpto. Genética
Monitor G.M.	Mini Instruments, serie 900			
Monitor G.M.	Biodex	Ludlum 14C	96762	Dpto. Fisiología
Sonda G.M.	Ludlum Measurements, Inc	44-7	PR 096338	Dpto. Fisiología
<u>Monitor</u>	Rotem Industries LTD	RAM GENE 4-0015	2300-067	Dpto. Fisiología
Monitor G.M.	Atomic Products Corp.	069-701		Dpto. Bioquímica (Dra. M ^a José Toro)
Monitor centelleo sólido	Mini Instruments, serie 900	IC-10		Dpto. Bioquímica (Grupo Dr. Luque)

11.1. CALIBRACIÓN DE LOS MONITORES DE RADIACIÓN Y ENSAYOS DE RESPUESTA A UNA ACTIVIDAD SUPERFICIAL PARA LOS MONITORES DE CONTAMINACIÓN

Los monitores esenciales se calibrarán en un laboratorio acreditado por ENAC cada 6 años como máximo. Habrá un monitor de referencia dentro de los esenciales que se calibrará cada dos años como máximo.

11.2. VERIFICACIONES PERIÓDICAS DE LOS MONITORES DE RADIACIÓN Y CONTAMINACIÓN

- Todos los monitores, tanto esenciales como de reserva se verificarán todos los años
- Monitores de radiación: utilizando una cantidad conocida de los isótopos que más comúnmente se utilizan en nuestras dependencias, comprobaremos las dosis que se podrían recibir a una distancia determinada. La cantidad de actividad de estos isótopos se obtendrá utilizando pipetas con las que se extraerá una cantidad conocida de isótopo de una fuente no encapsulada. Una alícuota de este isótopo se medirá en un contador de centelleo para cerciorarnos de que el error en la cantidad de actividad seleccionada con la pipeta es mínima.

Estas medidas, convenientemente anotadas nos servirán de referencia para posteriores verificaciones periódicas que se llevarán a cabo como mínimo de forma anual y siempre que se sospeche que las medidas pudieran ser erróneas. Si esto último fuese comprobado, ese

monitor dejaría de utilizarse hasta después de su correcta calibración por un centro autorizado.

- Monitores de contaminación: Estas se realizarán utilizando los isótopos más comunes. Para ello, sobre una superficie impermeable se depositará una pequeña cantidad conocida de un isótopo determinado. La actividad (A) depositada se calculará de forma similar a la descrita en el apartado anterior. La superficie contaminada en ningún caso será mayor que el área de la ventana de nuestro monitor. La medida de esta contaminación nos dará una tasa de recuento (N). Si conocemos N y conocemos A podemos calcular la eficiencia del monitor para el isótopo en cuestión, (N/A). Es importante que tanto la actividad como la superficie contaminada sean similares en las distintas verificaciones.

Estas verificaciones se llevarán a cabo, como mínimo, una vez al año y siempre que se sospeche que las medidas pudieran ser erróneas.

11.3. REGISTROS

Los procedimientos, así como todos los datos de estas verificaciones han de quedar reflejados en el cuaderno de monitores de contaminación y radiación que se encuentra en nuestras dependencias.

12.- PLAN DE EMERGENCIA

12.1. ACTUACIÓN ANTE UN INCIDENTE/ACCIDENTE RADIOLÓGICO

Cualquier incidencia que ocurra en la instalación radiactiva, en la que este implicado material radiactivo y que pueda afectar a la seguridad de las personas, será comunicado inmediatamente a alguno de los supervisores responsables de la Instalación, para que determine las acciones a seguir.

Los supervisores de la Instalación, y en su ausencia los operadores, están autorizados a detener el funcionamiento de la instalación si, a su juicio, por alguna anomalía en su funcionamiento, quedan disminuidas las condiciones de seguridad.

Los incidentes/accidentes que se pueden dar en nuestra instalación son los siguientes:

- Contaminaciones de superficies y objetos: se procederá según se describe en el apartado dedicado a descontaminación
- Contaminaciones personales, que pueden ser:
 - o externas: se procederá según se describe en el apartado dedicado a descontaminación
 - o internas: se procederá según se describe en el apartado dedicado a descontaminación
- Pérdida o robo de fuentes radiactivas: intentar encontrarla y guardarla en condiciones seguras. Si no se encuentra después de buscarla, avisar a los supervisores responsables de la Instalación para que ejerzan las acciones reglamentadas y expuestas en el apartado 10 de este reglamento.
- Incendio: en caso de incendio se procederá a evacuar de forma inmediata la zona afectada.

Se avisará a los Servicios de Prevención y a los supervisores de la Instalación. Las acciones a seguir serán asesoradas en todo momento por los responsables de la instalación.

Es posible que el incendio, por su reducida magnitud, sea abordable con los extintores repartidos por las diversas dependencias de la Instalación. Hemos de intentar conseguir su extinción sin poner en peligro nuestra propia integridad.

Finalizada la extinción, se procederá a llevar a cabo una revisión de la posible contaminación de las personas que han intervenido en el control del incendio. Si estas personas hubieran resultado contaminadas se procederá según se describe en el apartado dedicado a la descontaminación.

Como en el punto anterior, este suceso ha de ser comunicado, además de a las autoridades competentes, al Consejo de Seguridad Nuclear, según se indica en el apartado 10 de este Reglamento.

13.- OTROS DATOS DE INTERES

13.1. UBICACIÓN DEL REGLAMENTO

Constantemente habrá una copia actualizada del Reglamento de funcionamiento, en:

- Despacho del Director de la Instalación
- Despachos de cada Supervisor/Operador responsable de los laboratorios.
- Dependencias de la Instalación.

13.2. PERSONAL CON ACCESO AL REGLAMENTO

Todos los usuarios de la Instalación pueden solicitar una copia del mismo, o consultarlo siempre que lo deseen o tengan que solucionar alguna situación.

13.3. REVISIÓN DEL REGLAMENTO

El Reglamento de Funcionamiento, se revisará siempre que sea necesario, por variaciones en las condiciones de trabajo que ocasionen situaciones insuficientemente aclaradas en el Reglamento vigente en dicho momento.

13.4. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA EN MATERIA DE RADIOPROTECCIÓN

- LEYES BÁSICAS

- Ley 25/1964 sobre Energía Nuclear.
- Ley 15/1980 de creación del Consejo de Seguridad Nuclear. Reformada por la Ley 33/2007 de 7 de noviembre
- Ley 14/1999 de Tasas y Precios Públicos por servicios prestados por el CSN (BOE 5-5-99)

- DECRETOS

- R. Decreto nº 1836/1999: Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. BOE nº 313 (31-12-1999). Modificado por Real Decreto 35/2008 de 18 de Enero.
- R. Decreto nº 783/2001: Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. BOE nº 178, (26-07-2001). Modificado por el Real Decreto 1439/2010 de 5 de noviembre. BOE 18/11/10.

- ORDENES MINISTERIALES

- Orden del Ministerio de Industria por la que se aprueban las normas de homologación de aparatos radiactivos. BOE nº 78 (20-3-75).
- Orden de 5-12-79 sobre asistencia médico-farmacéutica a lesionados y contaminados por elementos radiactivos y radiaciones ionizantes. BOE 17-12-79. Desarrollada por la resolución de 20-12-79 (BOE 29-12-79)
- Orden ECO/1449/2003 sobre gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en las instalaciones radiactivas de 2ª y 3ª categoría en las que se manipulan o almacenan isótopos radiactivos no encapsulados (BOE 5-6-03)

13.4.1.- REGLAMENTO DE PROTECCIÓN SANITARIA CONTRA RADIACIONES IONIZANTES

Definiciones de interés:

- Actividad (A).- La actividad A de una cantidad de un radionucleido en un determinado estado energético en un momento dado es el cociente entre dN por dt , donde dN es el valor esperado del número de transformaciones nucleares espontáneas que se producen desde dicho estado energético en el intervalo de tiempo dt $A = dN/dt$

La unidad de actividad en el Sistema internacional es el becquerelio (Bq). Un becquerelio es igual a una transformación por segundo (dps)..... $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$

- Año oficial. - Periodo de doce meses, a contar desde el día 1 de enero hasta el 31 de diciembre, ambos inclusive.
- Contaminación radiactiva. - Presencia indeseable de sustancias radiactivas en una materia, una superficie, un medio cualquiera o una persona. En el caso particular del organismo humano, esta contaminación puede ser:
 - o externa o cutánea: cuando se ha depositado en la superficie exterior
 - o interna: cuando los radionucleidos han penetrado en el organismo por cualquier vía (inhalación, ingestión, percutánea, etc).

- Dosis absorbida (D).- La energía absorbida por unidad de masa..... $D = dE/dm$, donde , dE es la energía media impartida por la radiación ionizante a la materia en un elemento de volumen y dm es la masa de la materia contenida en dicho elemento de volumen.

En el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (BOE 26-7-01) la dosis absorbida indica la dosis promediada sobre un tejido o un órgano.

La unidad de dosis absorbida es el Gray (Gy)..... $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$

- Dosis equivalente (H_T).- Dosis absorbida, en el tejido u órgano T, ponderada en función del tipo y la calidad de la radiación R. Viene dada por la fórmula: $H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R}$

Siendo $D_{T,R}$, la dosis absorbida promediada sobre el tejido u órgano T, procedente de la radiación R, y w_R el factor de ponderación de la radiación. Los valores de w_R vienen especificados en el anexo II del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (BOE 26-7-01).

La unidad para la dosis equivalente es el Sievert (Sv)..... $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$

- Dosis efectiva (E).- Suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo causada por las irradiaciones internas y externas. Se estima mediante la formula

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

donde, $D_{T,R}$ es la dosis absorbida promediada sobre el tejido u órgano T procedente de la radiación R, y w_R es el factor de ponderación tisular del tejido u órgano T. Los valores de w_R vienen especificados en el anexo II del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (BOE 26-7-01).

La unidad para la dosis efectiva es el Sievert (Sv)..... $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$

- Efluente radiactivo.- Productos radiactivos residuales en forma líquida o gaseosa.
- Exposición.- Acción y efecto de someter a las personas a las radiaciones ionizantes.
 - o Exposición externa.- Exposición del organismo a fuentes exteriores a él.
 - o Exposición interna.- Exposición del organismo a fuentes interiores a él.
- Fondo radiactivo natural.- Conjunto de radiaciones ionizantes que provienen de fuentes naturales terrestres o cósmicas (en la medida en que la exposición que de ellas resulte no se vea aumentada de manera significativa por la acción humana).
- Fuente.- Aparato, sustancia radiactiva o instalación capaz de emitir radiaciones ionizantes o sustancias radiactivas.
- Límite de dosis.- Valores máximos fijados para las dosis resultantes de la exposición de los trabajadores, personas en formación, estudiantes y miembros del público, a las radiaciones ionizantes consideradas en el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.
- Miembro del público.- Personas de la población, con excepción de los trabajadores expuestos, las personas en formación y los estudiantes durante sus horas de trabajo, así como las personas durante la exposición en los siguientes casos: a) en el marco de su propio diagnóstico o tratamiento médico, b) durante la exposición voluntaria y deliberada de personas, cuando ello no constituya parte de su ocupación, para ayudar o aliviar a pacientes

en diagnóstico o tratamiento médico, c) la exposición de voluntarios que participen en programas de investigación médica y biomedicina.

- Persona en formación o estudiante.- Toda persona que, no siendo trabajador, recibe formación o instrucción en el seno o fuera de una empresa para ejercer un oficio o profesión, relacionado directa o indirectamente con actividades que pudieran implicar exposición a radiaciones ionizantes.
- Práctica.- Actividad humana que puede aumentar la exposición de las personas a la radiación procedente de una fuente artificial, o de una fuente natural de radiación cuando los radionucleidos naturales son procesados por sus propiedades radiactivas, fisionables o fértiles, excepto en el caso de exposición de emergencia.
- Radiación ionizante.- Transferencia de energía en forma de partículas u ondas electromagnéticas de una longitud de onda igual o inferior a 100 nm o una frecuencia igual o superior a 3×10^{15} hercios, capaces de producir iones directa o indirectamente.
- Residuo radiactivo.- Cualquier material o producto de desecho, para el que no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Economía previo informe favorable del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Sustancia radiactiva.- Sustancia que contiene uno o más radionucleidos, y cuya actividad o concentración no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.
- Titular.- Persona física o jurídica que tiene, con arreglo a la legislación nacional, la responsabilidad y la autoridad sobre el ejercicio de alguna de las prácticas o actividades laborales previstas en el artículo 2 del Reglamento de Protección Sanitaria contra la Radiación Ionizante
- Trabajadores expuestos.- Personas sometidas a una exposición a causa de su trabajo derivada de las prácticas a las que se refiere el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes que pudieran entrañar dosis superiores a algunos de los límites de dosis para miembros de público.
- Zona controlada.- Zona sometida a regulación especial a efectos de protección contra las radiaciones ionizantes.
- Zona vigilada.- Zona sometida a una adecuada vigilancia a efectos de protección contra las radiaciones ionizantes.

Límites de dosis:

Los límites de dosis se aplican a la suma de las dosis procedentes de las exposiciones externas en el período especificado y las dosis comprometidas a cincuenta años (hasta setenta años en el caso de niños) a causa de las incorporaciones producidas en el mismo período. En su cómputo no se incluyen la dosis debida al fondo radiactivo natural ni la exposición sufrida como consecuencia de exámenes y tratamientos médicos.

Límites de dosis para los trabajadores expuestos por año oficial.

Dosis efectiva en 5 años sujeto a una dosis máxima de 50 mSv/año oficial.....	100 mSv
Dosis equivalente en piel ¹	500 mSv
Dosis equivalente en manos, antebrazos, pies y tobillos.....	500 mSv
Dosis equivalente en el cristalino.....	150 mSv

Protección especial durante el embarazo y la lactancia.

Tan pronto como una mujer embarazada comunique su estado al titular de la práctica, la protección del feto deberá ser comparable a la de los miembros del público. Por

¹ Dicho límite se aplicará a la dosis promediada sobre cualquier superficie de 1 cm², con independencia de la zona expuesta.

ello, las condiciones de trabajo de la mujer embarazada serán tales que la dosis equivalente al feto sea tan baja como sea razonablemente posible, de forma que sea improbable que dicha dosis exceda de 1 mSv, al menos desde la comunicación de su estado hasta el final del embarazo.

Cuando una mujer se encuentre en periodo de lactancia e informe de ello al titular de la práctica, no se le asignaran trabajos que supongan un riesgo significativo de contaminación radiactiva

Límites de dosis para personas en formación y estudiantes.

Los límites de dosis para las personas en formación y los estudiantes mayores de 18 años serán los mismos que para los trabajadores profesionalmente expuestos.

El límite de dosis para personas en formación y estudiantes con edades comprendidas entre 16 y 18 años por año oficial será el siguiente:

Dosis efectiva.....	6 mSv
Dosis equivalente para el cristalino.....	50 mSv
Dosis equivalente para la piel ¹	150 mSv
Dosis equivalente par manos, antebrazo, pies y tobillo.....	150 mSv

Límites para los miembros del público por año oficial:

Dosis efectiva.....	1 mSv
Dosis equivalente para el cristalino.....	15 mSv
Dosis equivalente para la piel ¹	50 mSv

13.5. EFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

13.5.1. EXCITACIÓN E IONIZACIÓN

Las radiaciones emitidas por los nucleidos inestables son capaces de producir, principalmente, dos efectos importantes sobre los átomos sobre los que inciden:

- Excitación es un proceso por el cual un electrón de una orbita más interna salta a otra más externa, para después volver a saltar y ocupar el hueco que había dejado libre anteriormente, emitiendo energía en forma de radiación electromagnética.
- Ionización es un proceso por el cual un electrón de una determinada orbita de un átomo es arrancado dejando al átomo convertido en un ión.

Tanto las radiaciones electromagnéticas como los haces de partículas provenientes de los nucleidos inestables (radionucleidos) son capaces de producir estos efectos, excitación e ionización, sobre los átomos en los que inciden. Este es el motivo por el que a este tipo de radiaciones se les llama radiaciones ionizantes.

El efecto común que producen todas las radiaciones ionizantes al interaccionar con la materia es la ionización, es decir, la creación de pares de iones, uno negativo (el electrón que se arranca de los átomos) y otro positivo (el resto del átomo cargado positivamente). Los iones son especies reactivas y atacan a otros átomos, iniciando reacciones químicas que alteran las moléculas existentes en el medio.

No obstante, el mecanismo por el que se produce la ionización no es el mismo en todas las radiaciones ionizantes. El estudio de los mecanismos básicos por los que cada tipo de radiación ionizante interacciona con la materia no es objeto de este reglamento y se verá detalladamente en los cursos de formación impartido por esta instalación. No obstante si alguien está interesado en saberlo antes de asistir al curso, el personal de la instalación está encantado de servir de ayuda y explicárselo al que se lo solicite.

13.5.2. EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Los cambios moleculares originados por las radiaciones ionizantes pueden ser los desencadenantes de los efectos biológicos detectables en los individuos irradiados o en su descendencia. Vamos a considerar como efectos biológicos únicamente a las lesiones detectables inducidas por la radiación en los seres humanos

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes se pueden clasificar atendiendo a distintos criterios:

- Si atendemos a la línea celular a las que afecta los podemos clasificar en:
 - o efectos somáticos (**afectan a las células somáticas**)
 - o efectos hereditarios (**afectan a la línea germinal**)
- Si atendemos al tiempo en el que tardan en aparecer los efectos los podemos clasificar en:
 - o de efectos inmediatos
 - o de efectos retardados

13.5.2.1. Efectos somáticos y efectos hereditarios

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes se definen como **somáticos** cuando aparecen en el individuo irradiado y **hereditarios** cuando se detectan en sus descendientes.

Atendiendo a que el efecto se produzca siempre, o sólo aparezca con una probabilidad más o menos alta, podemos hablar de:

- **Efectos estocásticos o aleatorios** (de carácter probabilístico), pueden aparecer o no en el individuo irradiado
- **Efectos no estocásticos, deterministas o directos** (de carácter no probabilístico), aparecen a partir de una dosis umbral, por debajo de la cual no se producen

Atendiendo a esto, los **efectos hereditarios** son, por su forma de expresarse, de **carácter estocástico**. Podrán aparecer cuando las células germinales irradiadas sean capaces de transmitir a sus células hijas los caracteres genéticos dañados

Existen dos clases de **efectos somáticos**:

- *Directos o deterministas (no estocásticos)*
- *Estocásticos o aleatorios*

13.5.2.1.1. Efectos somáticos deterministas o directos

- Aparecen a partir de una dosis umbral, por debajo de la cual no se producen. Hay que pensar que por encima de esa dosis umbral ya no hay posibilidad de fenómenos al azar y el efecto va a darse con toda seguridad, en cuyo caso un número importante de células muere o deja de dividirse. Esta pérdida supone una lesión morfológica y funcional para el tejido.
- Su gravedad depende de la dosis de radiación recibida, siendo más grave cuando mayor es la dosis que recibimos

13.5.2.1.2. Efectos somáticos estocásticos o aleatorios

- Pueden aparecer o no en el individuo irradiado.
- No tienen dosis umbral por lo que cualquier dosis de radiación por baja que sea puede producirlos. Su gravedad es independiente de la dosis
- El riesgo o la probabilidad de que se produzca si depende de la dosis, lo que significa que a mayor dosis mayor probabilidad.
- Tienen un periodo de latencia largo, es decir, son tardíos
- Se producen cuando hay células somáticas irradiadas que no mueren y conservan su capacidad de división; estas células modificadas o mutadas pueden llegar a formar un clon celular, que desarrolle una lesión a largo plazo.

13.5.2.2.-Efectos inmediatos y efectos retardados

Todos los efectos radiobiológicos pasan por un estado latente con respecto al momento en que se produjo la irradiación. En ocasiones ese periodo puede ser muy corto, de minutos o de horas, y en otras largo, de varios años. Así, los efectos somáticos pueden ser precoces o inmediatos y tardíos o retardados. Los efectos hereditarios, lógicamente, son tardíos.

13.5.2.2.1. Efectos inmediatos

Pueden variar desde la muerte en días o semanas (para niveles muy altos de radiación recibida por todo el cuerpo) a simple enrojecimiento de la piel (para dosis elevadas de radiación recibidas durante un corto periodo de tiempo por una zona del cuerpo de tamaño limitado).

Los límites de dosis se han establecido de manera tal que nunca se produzcan efectos inmediatos. Por la cantidad de radiactividad y por el tipo de isótopos que se utilizan en nuestra instalación y por las normas de radioprotección que se han de cumplir, esto es prácticamente imposible que ocurra en nuestra instalación.

13.5.2.2.2. Efectos retardados

Cuando el cuerpo humano es sometido a bajas dosis de radiación o a una dosis mayor pero que es recibida a lo largo de un gran periodo de tiempo, no se producen efectos inmediatos apreciables, pero, dependiendo de la dosis, es posible la existencia de efectos tardíos, tales como el cáncer o la aparición de enfermedades congénitas.

Se ha de tener en cuenta que ningún efecto radiobiológico es específico. Lesiones o enfermedades similares a las producidas por la radiación pueden aparecer o producirse por la acción de otros agentes físicos, químicos o biológicos. Así, los efectos tardíos pueden ser originados también por otras causas, tanto naturales: radiaciones solares, defectos hereditarios, como artificiales: tabaco, contaminantes químicos, etc. Es por ello que cuando ocurren, es muy complicado discernir las causas exactas que los originan.

Para evitar que aparezcan estas lesiones por causa de las radiaciones, se han establecido límites de dosis para este tipo de efectos que hacen que la probabilidad de que se produzcan sea prácticamente nula. Es decir, que por debajo de estas dosis es muy improbable que se produzca ningún efecto tardío de la radiación

ANEXO I



ANEXO II

FICHA ALTA PERSONAL PROFESIONALMENTE EXPUESTO

Fecha: _____
Fecha: _____

Datos personales

Nombre: _____ **Apellidos:** _____
D.N.I. nº: _____ **Fecha nacimiento:** ___/___/___ **Titulación:** _____
Domicilio: _____ **Población:** _____
Código postal: _____ **Relación con la UAH:** _____

- ¿Ha trabajado antes con radiactividad? Sí No
 ¿Dónde? _____
- ¿Ha tenido historial dosimétrico? Sí No
 ¿Dónde? _____
 (en caso afirmativo, debe firmar una autorización para reclamarlo)
- **Cursos recibidos relativos a isótopos radiactivos:**
 (Indicar nombre del curso, Institución que lo impartió y fecha de impartición)

- ¿Ha sido titular de Licencia de Operador / Supervisor anteriormente?
 Sí No

El interesado certifica que se le ha dado a conocer el Reglamento de Funcionamiento de esta Instalación Radiactiva indicándosele dónde hay permanentemente una copia, considerando que tiene conocimientos suficientes sobre:

- los riesgos de las radiaciones ionizantes y sus efectos biológicos.
- normas generales de protección contra las radiaciones y precauciones que debe adoptar en régimen normal de trabajo y en caso de accidente.
- normas específicas, medios y métodos de trabajo para su protección en las operaciones a realizar.
- tipos y utilización de los instrumentos de detección y medida de las radiaciones y de los medios y equipos de protección personal.
- necesidad de someterse a reconocimientos médicos para determinar su estado sanitario y a exámenes específicos que permitan valorar la posible contaminación interna.
- actuación en situación de emergencia.
- responsabilidades derivadas de su puesto de trabajo con respecto a la protección radiológica.
- importancia de cumplir las medidas técnicas y médicas.

Alcalá de Henares, de de 200

(Firma del interesado)

Datos laboratorio

Departamento: _____
Laboratorio: _____ **Teléfono laboratorio:** _____
Responsable laboratorio: _____

- Asignación de dosímetro:
- | | | |
|------------------------|--|---|
| Fijo existente | | Dosímetro nº (____)
(Rellenar hoja de solicitud) |
| Fijo a solicitar | | |
| Algunos meses | | |
| No necesita dosímetro: | | |

(Firma del Responsable del laboratorio)..... _____

HOJA DE BAJA DE PERSONAL EXPUESTO

Ficha: _____

Departamento: _____

Laboratorio: _____

Puesto: _____

Apellidos: _____

Nombre: _____ D.N.I. nº: _____

Fecha de nacimiento: _____

Domicilio: _____

Ciudad: _____

Fecha de Alta: _____

Fecha de Baja: _____

El responsable del laboratorio:	<input type="checkbox"/>
El Operador responsable del laboratorio:	<input type="checkbox"/>
Firmado:	

El interesado:
Firmado:

ANEXO III
FICHA DE PRODUCTO

N° Ficha: _____

Producto: _____ **Isótopo:** _____
Fecha recepción: _____ **Actividad:** _____ **Fecha calibración:** _____
Actividad específica: _____ **Concentración:** _____ **Volumen:** _____
Usuario: _____ **Teléfono:** _____ **Lugar almacenaje:** _____
T_{1/2}: _____ **% degradación:** _____ **Precio:** _____
Suministrador: _____ **Referencia:** _____

GRADO DE UTILIZACIÓN:

Uso: _____

FECHA	USUARIO	CANTIDAD VOLUME N	RESIDUOS SÓLIDOS	RESIDUOS LÍQUIDOS	TUBOS A MEDIR

Fecha de: **eliminación como residuo.....** / / _____
 Finalización..... / / _____
 retirada para almacenamiento en laboratorio..... / / _____

FICHA DE MARCAJE O ALICUOTA

Producto: _____ **Isótopo:** _____ **Ficha nº:** _____
Fecha: _____ **Usuario:** _____ **Teléfono:** _____
Técnica: _____ **Actividad inicial:** _____ **Volumen inicial:** _____

ALICUOTAS	Número	Volumen (c/u)	Concentración cpm/ μ l	Actividad c/u	Lugar de almacenamiento

Fecha	Usuario	Nº alícuotas	Fecha	Usuario	Nº Alícuotas

eliminación de las alícuotas restantes

Fecha de:

Finalización

retirada para almacenamiento en laboratorio

FICHA USO DE DEPENDENCIAS

Hoja de reserva/utilización de la Cámara β .

El usuario debe comunicar con la mayor antelación posible, al personal de la Instalación, la reserva; el único criterio de preferencia, es el orden de reserva. Para efectuar la reserva, debe rellenar el siguiente cuestionario y entregarlo al personal de la Instalación, o llamar por teléfono y dar los datos al personal de la Instalación para que éste lo rellene:

Usuario:

Departamento:

Teléfono:

Fecha:

Hora inicio:

Hora finalización:

Responsable línea investigación:

Asimismo, se debe indicar los aparatos que se necesitarán, para evitar encontrarse con que hay otro usuario utilizándolos.

El usuario debe retirar la llave de la Cámara del personal de la Instalación al comenzar, y devolvérsela a ellos al acabar. Junto a la llave, recibirá una copia de esta hoja, para rellenar los datos expresados a continuación, teniendo que devolver el impreso junto con la llave.

Es conveniente revisar el laboratorio antes de comenzar a trabajar, para evitar tener que limpiar al final, la contaminación dejada por usuarios anteriores. En caso de descubrir puntos de contaminación, se debe avisar al personal de la Instalación, para que tomen nota y avisen al último usuario para que proceda a la limpieza.

¿Ha descubierto algún punto de contaminación?

.....No

.....Sí

¿Dónde?: (Indicar lugar y cpm detectadas): _____ (____ cpm)

_____ (____ cpm)

_____ (____ cpm)

_____ (____ cpm)

Al finalizar el trabajo, se debe revisar el laboratorio y todos los aparatos empleados, rellenando el cuestionario siguiente, apuntando las cpm existentes en los puntos contaminados, en el momento de detectarlos, y, tras la descontaminación. Los puntos donde más habitualmente se detectan contaminaciones, son los mandos de los aparatos, las pipetas, los agarradores de las puertas, cajones, nevera, etc. , y todos aquellos lugares que se tocan a menudo (tapas y partes exteriores de las cajas de residuos, interruptor de la luz, etc.). Para evitarlo, se debe uno monitorizar las manos antes de tocar cualquier cosa, cambiándose de guantes en cuanto se detecte algo de contaminación.

1.- Isótopos utilizados:

^3H ^{14}C ^{32}P ^{33}P ^{35}S ^{36}Cl ^{45}Ca

2.- Lugares donde se ha trabajado:

Vitrina extracción forzada

Contaminación: _____ cpm

Tras la descontaminación: _____ cpm

Bandeja trabajo encimera

Contaminación: _____ cpm

Tras la descontaminación: _____ cpm

Pila/grifo

Contaminación: _____ cpm

Tras la descontaminación: _____ cpm

3.- Aparatos utilizados:

	Aparato	Contaminación	Medida tras la descontam	Aparato	Contaminación	Medida tras la descontam	
Cámara β	<input type="checkbox"/> Horno hibridación.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Agitador c/calefacción.....	____ cpm	____ cpm	Aparatos móviles
	<input type="checkbox"/> Monitor contaminación.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Agitador de placas.....	____ cpm	____ cpm	
	<input type="checkbox"/> Pantalla encimera.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Balanza (≤ 410 g).....	____ cpm	____ cpm	
	<input type="checkbox"/> Pantalla vitrina.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Balanza (≤ 2.000 g).....	____ cpm	____ cpm	
	<input type="checkbox"/> Pipeta P-2.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Harvester 24 pocillos.....	____ cpm	____ cpm	
	<input type="checkbox"/> Pipeta P-20.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Harvester 96 pocillos.....	____ cpm	____ cpm	
	<input type="checkbox"/> Pipeta P-200.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> pHímetro.....	____ cpm	____ cpm	
	<input type="checkbox"/> Pipeta P-1000.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Placa calefactora.....	____ cpm	____ cpm	
	<input type="checkbox"/> Porta pipetas.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Sellador bolsas.....	____ cpm	____ cpm	
	<input type="checkbox"/> Baño con agitación.....	____ cpm	____ cpm				
Cámara β	<input type="checkbox"/> Vortex encimera.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Congelador -80°.....	____ cpm	____ cpm	Almacén
	<input type="checkbox"/> Vortex vitrina.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Destilador de agua.....	____ cpm	____ cpm	
				<input type="checkbox"/> Máquina de hielo.....	____ cpm	____ cpm	
Laboratorio	<input type="checkbox"/> Centrífuga.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> HPLC.....	____ cpm	____ cpm	Otros
	<input type="checkbox"/> Microondas.....	____ cpm	____ cpm	<input type="checkbox"/> Estufa.....	____ cpm	____ cpm	
	<input type="checkbox"/> Microscopio.....	____ cpm	____ cpm				
	<input type="checkbox"/> Vitrina flujo laminar.....	____ cpm	____ cpm				

4.- Indicar si se han llenado los contenedores de residuos:

Bote 2 l. sólidos.....

Bote 2 l. Líquidos.....

Contenedor grande.....

Papelera fría.....