



REPÚBLICA DE COLOMBIA
**MINISTERIO DE TRABAJO
Y SEGURIDAD SOCIAL**



Sistema General
de Riesgos
Profesionales

CAMBIO PARA CONSTRUIR LA PAZ

**NORMA TECNICA DEL SISTEMA DE VIGILANCIA
EPIDEMIOLOGICA
PARA RADIACIONES IONIZANTES
EN PRESTADORES DE SERVICIOS DE SALUD**

Bogota, Diciembre 18 de 2000

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	4
DESCRIPCION DEL DESARROLLO DEL CONTRATO	5
1. Términos de referencia	5
1.2. Objetivo General	6
1.3. Productos Esperados	6
2. Etapas para el desarrollo metodológico de la consultoría	7
2.1 Establecimiento de los lineamientos básicos y conformación del equipo de trabajo	7
2.2 Contacto con las Administradoras de Riesgos Profesionales y los sectores competentes	8
2.3 Planeación de actividades y cronograma final	10
PROTOCOLO DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA PARA LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES EN PRESTADORES DE SERVICIOS DE SALUD	21
1. Consideraciones generales	21
2. Marco Legal	22
3. Importancia epidemiológica del evento a vigilar	29
4. Objetivos	37
4.1 Objetivos Específicos	37
4.2 Metas y estrategias	38
4.3 Utilidad	38
5. Metodología	39
5.1 Población a estudiar	39
5.2 Criterios Diagnósticos	41
5.2.1 Diagnósticos de Las condiciones de salud	41
5.2.2 Diagnostico de las condiciones de trabajo	43
5.3 Definición del evento a vigilar	43
5.4 Periodicidad	47
6. Subsistema de Información	48
6.1 Proceso para la consignación de datos	49
6.1.1 Información del prestador de servicios de salud	50
7. Análisis de los datos	72
7.1 Indicadores del Prestador de Servicios de Salud	73
7.2 Indicadores de la Administradora de Riesgos Profesionales	75
7.3 Indicadores del Ministerio de trabajo y Seguridad Social	77
8. Orientación de la acción	78

8.1 Trabajador	78
8.2 Empleador (prestador de servicios de salud)	78
8.3 Administradora de Riesgos Profesionales	92
8.4 Ministerio de trabajo y Seguridad Social	92
9. Divulgación	95
10. Recursos	95
11. Documento Técnico	96
Estructura atómica y radiactividad	96
Interacción de las radiaciones con la materia	106
Magnitudes y Unidades Dosimétricas	114
Efectos biológicos de las Radiaciones ionizantes	119
Distancia, Tiempo y Blindaje	128
Transporte de Material Radiactivo	132
12. Glosario de Términos	142

**DIRECCION GENERAL DE SALUD OCUPACIONAL Y RIESGOS
PROFESIONALES**

**NORMA TECNICA DEL SISTEMA DE VIGILANCIA
EPIDEMIOLOGICA
PARA RADIACIONES IONIZANTES
EN PRESTADORES DE SERVICIOS DE SALUD**

REALIZADO POR

PROFESIONALES EN SALUD OCUPACIONAL LTDA



**PROFESIONALES EN SALUD
OCUPACIONAL LTDA.**

Bogota, Diciembre 18 de 2000

INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta una propuesta para el desarrollo del proceso de vigilancia de la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes, como una respuesta a la iniciativa del Ministerio de Trabajo en la urgente necesidad de efectuar los desarrollos y contenidos técnicos de un protocolo de vigilancia para la población ocupacionalmente expuesta a este riesgo físico.

El fomento de la salud y la seguridad en el trabajo con radiaciones ionizantes se basa en principios similares a los aplicados para la protección de otros riesgos ocupacionales, siendo la vigilancia un elemento esencial y de la cual tienen responsabilidad varios actores.

El protocolo de vigilancia ocupacional a la exposición a las radiaciones ionizantes, es un instrumento para facilitar la operativización del proceso de vigilancia y tiene por objeto proporcionar unidad de criterio para que todas las instituciones y actores que deben participar de dicho proceso puedan realizar el estudio básico del factor de riesgo bajo los mismos parámetros, de tal manera que la información que se construya en todo el país se pueda recopilar y sea comparable para su análisis.

En el protocolo se presenta en detalle el proceso de vigilancia partiendo de la descripción de la naturaleza y magnitud del problema, la forma de obtener una prevención eficaz del riesgo a las radiaciones, la responsabilidad de los diferentes actores en las distintas fases de su desarrollo e implementación, algunas consideraciones que deben tenerse en cuenta para su gestión en los distintos ámbitos de su aplicación, la estructura necesaria para la construcción de la información, los mecanismos para su divulgación, las implicaciones para la toma de decisiones y la instauración de las medidas de intervención.

DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DEL CONTRATO

En este aparte se describe todo el proceso de planeación realizado para obtener el producto final del contrato No.1423-20-2000 cuyo objeto es el de diseñar un régimen y normas técnicas de vigilancia epidemiológica y control para los prestadores de servicios de salud con exposición a radiaciones ionizantes, tal como lo establece el Decreto Ley 1295 de 1994, con el fin de prevenir la aparición de enfermedades profesionales derivadas de este factor de riesgo, el cual se celebró entre el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y Profesionales en Salud Ocupacional Ltda, con Interventoría de la Universidad de Antioquia.

1. TÉRMINOS DE REFERENCIA

1.1. Justificación

Línea de Trabajo Número Cuatro.

Estudios de tipo epidemiológico sobre factores de riesgo

Título Sistemas Vigilancia Epidemiológica en Actividades de Alto Riesgo

No obstante haber transcurrido algo más de cinco años, desde que el decreto Ley 1295 de 1994 entró en vigencia, aún no se ha dado cumplimiento a lo establecido en el decreto 1295 de 1994, Sistema General de Riesgos Profesionales, artículos 65 a 67.

El país requiere conocer las condiciones de salud y de trabajo de los trabajadores de las empresas de alto riesgo.

Es necesario fortalecer la gestión en la promoción de la salud de los trabajadores y la prevención de los riesgos en el trabajo.

Se requiere la unificación de criterios entre el Estado, las Administradoras de Riesgos Profesionales, los Empleadores y las entidades prestadoras de servicios de salud ocupacional.

El Consejo Nacional de Riesgos Profesionales en la reunión del pasado 13 de mayo, determinó como una de las prioridades del Sistema general de Riesgos Profesionales, el desarrollo de proyectos en las actividades de alto riesgo.

1.2. Objetivo General

Diseñar regímenes de Vigilancia Epidemiológica y Control de riesgos profesionales en empresas de alto riesgo, a nivel nacional, como lo establece el decreto 1295 de 1994, artículos 64 a 67.

1.2.1. Objetivos Específicos

- Determinar las características de las empresas de alto riesgo
- Identificar la ubicación geográfica de las empresas de alto riesgo
- Determinar el tamaño, con base en el número de trabajadores
- Determinar la población total de trabajadores expuestos
- Diseñar los sistemas de vigilancia epidemiológica en actividades de alto riesgo

1.3. Productos Esperados

- Caracterización de las actividades de alto riesgo, especialmente las condiciones de trabajo.
- Los sistemas de vigilancia epidemiológica para las empresas de alto riesgo.

2. ETAPAS PARA EL DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA CONSULTORÍA

2.1. Establecimiento de los lineamientos básicos y conformación de equipo de trabajo

Se hizo una revisión de los conocimientos y experiencias existentes en vigilancia ocupacional, de los aspectos legislativos internacionales y nacionales, como un inventario de los desarrollos específicos en cuanto a la vigilancia de radiaciones ionizantes.

Con la asesoría del interventor de la Universidad de Antioquia el Dr. Juan David Orozco Médico Especialista en Salud Ocupacional, se acordó trabajar tres aspectos básicos del sistema de vigilancia: a) Subsistema de información- entrada, b) Subsistema de análisis- Proceso; c) Subsistema de intervención – Producto.

Para cumplir al requerimiento del producto final, se conformó el siguiente equipo de trabajo conformado por los siguientes perfiles:

LUIS GUTIERREZ FERRO

Radio físico Becario de la OPS y de la OMS .

EDUARDO SANCHEZ

Matemático, Ingeniero Geógrafo y Especialista en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear

PEDRO NEL RAMIREZ

Ingeniero Químico y Especialista en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear

GLORIA LUCIA HENAO LONDOÑO

Bacterióloga, Magister en Epidemiología.

MARTHA LUCIA TRUJILLO R

Psicóloga, Experto en Salud Ocupacional y Gerente de Recursos Humanos.

El equipo se reunió para discutir los componentes de un sistema de vigilancia epidemiológico, los elementos a desarrollar en cada componente y la unificación de criterios desde el inicio del contrato.

Se revisaron documentos técnicos producidos por el Ministerio de Salud, El Instituto del Seguro Social, La Universidad de Antioquia para orientar el esquema del sistema.

2.2. Contacto con las Administradoras de Riesgos Profesionales y los sectores competentes

Se visitó personalmente a las diferentes administradoras de riesgos profesionales especialmente a los directores de promoción y prevención, áreas técnicas y jefes del área de medicina preventiva y del trabajo, a quienes se les presentó el proyecto, sus beneficios y la participación de las mismas en el desarrollo de la actividad, se realizó un sondeo sobre la información existente en las ARP para caracterizar el número de Prestadores de Servicios de Salud con riesgo de radiaciones ionizantes existentes a nivel nacional.

Se visitaron las Instituciones reguladoras del factor de riesgo en el país de las cuales se solicitó información y su participación para el evento de concertación.

La siguiente es la relación de entidades e Instituciones participantes en el sistema de vigilancia:

Tabla 1. RELACION DE ENTIDADES CONTACTADAS

ENTIDAD	NOMBRE FUNCIONARIO	CARGO
SURATEP Riesgos profesionales	Dr. Catalina Vélez Jaramillo	Jefe Planeación y Gestión Medellín
COLMENA riesgos profesionales	Dr. Oscar Nieto	Subgerente Técnico
COLPATRIA Riesgos Profesionales	Dr. Reynaldo Mantilla	Director Nacional de Seguridad e Higiene
COLSEGUROS Riesgos profesionales	Dra. María Isabel Castellanos	Directora Técnica de la Administradora de riesgos profesionales
SEGUROS BOLIVAR Riesgos Profesionales	Dr. Néstor Sierra	Director Promoción y Prevención
ARP LA PREVISORA DE VIDA S.A.	Ing. Rafael Arévalo	Ingeniero de la Administradora de Riesgos Profesionales
LIBERTY Riesgos Profesionales	Dr. Carlos Boris Cartagena	Director Promoción y Prevención
CIA AGRICOLA DE SEGUROS Administradora de riesgos	Dr. Juan Guillermo de la Hoz	Gerente Administradora de Riesgos
SEGUROS DE VIDA ALFA	Dr. Juan Carlos Aristizabal	Asistente Médico
SEGUROS DE VIDA LA AURORA	Dr. Héctor Alejandro Camacho	Gerente Administradora de Riesgos
SEGUROS DE VIDA DEL ESTADO. Administradora de Riesgos	Dr. Germán Moreno	Director Riesgos profesionales
ROYAL & SUN ALLIANCE Riesgos Profesionales	Dra. Marcela Quintero	Gerente Administradora de Riesgos Profesionales
LA GANADERA Administradora de Riesgos Profesionales	Dra. Betty Sanchez	Directora Control Médico
LA EQUIDAD Administradora de Riesgos	Dra. Jenny Valencia	Coordinadora Salud Ocupacional
Ministerio de Salud	Ing. Aquilino Forero	Profesional del Departamento de Salud Ocupacional
Secretaría Distrital de Salud	Dra. Ruth Eugenia García	Directora Área de Vigilancia y Control de la oferta
Secretaría de Salud de Cundinamarca	Ing. Lucio Velásquez	Profesional del Programa de Radiofísica
Comité Nacional de Salud Ocupacional	Dr. Hugo Mantilla	Secretario Técnico del Comité

Tabla 1. RELACION DE ENTIDADES CONTACTADAS		
ENTIDAD	NOMBRE FUNCIONARIO	CARGO
Oficina Organización Internacional del Trabajo	Dr. Emilio Carrasco	Coordinador Nacional Proyecto Col/95/003
Secretaría de Salud de Antioquia	Dra. Piedad Martínez	Directora Vigilancia y Control de la oferta
Oficina OPS- OMS	Dr. Ramón Granados Uribe	Representante en Colombia
INGEOMINAS	Dr. Libaniel Casas	Director programa de Radiofísica Sanitaria
INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA	Dr. Odilia Mattus	Profesional Área Física Médica

2.3. Planeación de actividades y Cronograma final

Para iniciar el sistema de vigilancia se diseñó en primer lugar el instrumento a través del cual se recogió la información en las Administradoras de Riesgos Profesionales, como fuentes secundarias de información; para caracterizar el factor de riesgo a nivel nacional celebrando diferentes reuniones acompañados por el interventor de la Universidad de Antioquia donde se perfiló la información pertinente para el sistema de vigilancia epidemiológica.

El día 15 de noviembre se realizó la prueba piloto del instrumento aplicada a un funcionario de una Administradora de Riesgos Profesionales del departamento de calidad de servicios, perfil seleccionado para no alterar los resultados que se darían por el departamento responsable de suministrar la información una vez se aplicara el instrumento en cada entidad. Se retomaron todas las inquietudes y se analizaron las dificultades que se presentaron en la prueba piloto para realizar las modificaciones.

Una vez terminados los ajustes de la encuesta (instrumento) esta se distribuyó personalmente a las fuentes secundarias, para su diligenciamiento

La información que se retomó a nivel nacional de los siguientes Prestadores de Servicios de Salud fue la siguiente:

Tabla 2. PRESTADORES DE SERVICIOS DE SALUD REFERENCIADOS POR LAS ARP

ADMINISTRADORA DE RIESGOS	No. de P.S.S.*	PORCENTAJE
Agrícola de seguros	10	4.00%
ARP Alfa	15	6.00%
ARP Colmena	69	27.60%
ARP Colpatría	6	2.40%
ARP Colseguros	31	12.40%
La Equidad	22	8.80%
ARP Liberty	1	0.40%
Previatop	20	8.00%
Protección Laboral Seguro	35	14.00%
Royal & Sunalliance seguros	11	4.40%
Seguros Bolívar	23	9.20%
Suratep S.A.	7	2.80%
TOTAL	250	100.00%

*P.S.S.= Prestadores de servicios de salud

Gráfica 1. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE PSS POR ARP

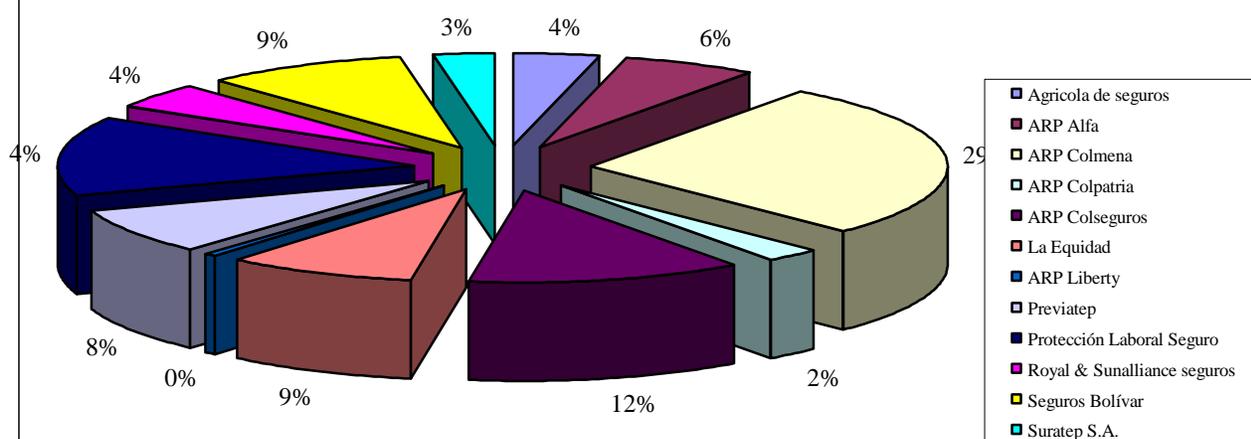


Tabla 3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PRESTADORES DE SERVICIOS DE SALUD REFERENCIADOS POR NIVEL DE COMPLEJIDAD

DEPARTAMENTO	NIVEL DE COMPLEJIDAD		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
Antioquia	18	8	1
Arauca	1	0	0
Atlántico	3	1	1
Bolívar	1	0	1
Boyacá	0	1	0
Caldas	6	2	3
Cauca	10	5	2
Cesar	2	0	1
Cundinamarca	30	10	16
Hila	5	1	0
Magdalena	0	1	0
Meta	5	0	0
Nariño	2	1	1
No se conoce	3	7	4
Norte de Santander	2	1	0
Quindío	1	0	0
Risaralda	4	1	1
Santander	1	3	1
TOTAL	83	42	31

Tabla 4. RELACION DE LOS PRESTADORES DE SERVICIO DE SALUD REFERENCIADO POR LAS ADMINISTRADORAS DE RIESGOS PROFESIONALES A NIVEL NACIONAL

ADMINISTRADORA DE RIESGOS PROFESIONALES		DEPARTAMENTO
Royal & Sunalliance Seguros	Unidad materno infantil del sur Zuluaga Tobar	Bogotá
Royal & Sunalliance Seguros	Unidad Médica Ángel	Bogotá
Royal & Sunalliance Seguros	Ortopedistas Asociados	Valle
Royal & Sunalliance Seguros	Carlos Neil Concha Alban	Valle
Royal & Sunalliance Seguros	Calipso Comfandi	Valle
Royal & Sunalliance Seguros	Comfandi	Valle
Royal & Sunalliance Seguros	Clínica Comfandi	Cundinamarca
Royal & Sunalliance Seguros	La Merced	Valle
Royal & Sunalliance Seguros	Comfandi Santa Rosa	Valle
Royal & Sunalliance Seguros	Comfandi	Valle
Royal & Sunalliance Seguros	Prados de Oriente	Valle
Previatop	Hospital San Pedro	Atlántico
Previatop	Hospital San Miguel	Bogotá
Previatop	Hospital Gustavo González	Cauca
Previatop	Instituto de Neurociencias	Bogotá
Previatop	Hospital Departamental Juan Domínguez Romero	Bogotá
Previatop	E.S.E. Hospital Nuestra Señora de Fátima	Huila
Previatop	Cooperativa Multiactiva de Servicios de Salud	Huila
Previatop	E.S.E. Hospital Divino Niño	Huila
Previatop	Centro Médico del Sur	Huila
Previatop	E.S.E. Hospital Arsenio Repizo	Huila
Previatop	Hospital Santa Ana	Tolima
Previatop	E.S.E. Hospital Santo Domingo	Tolima
Previatop	E.S.E. Hospital San Isidro	Tolima
Previatop	E.S.E. Hospital San Juan de Dios	Tolima
Previatop	E.S.E. Hospital Ismael Perdomo	Tolima
Previatop	Hospital Universitario Evaristo Gómez	Valle
Previatop	Hospital Materno Infantil	Valle
Previatop	Clínica Oriente Ltda	Valle
Previatop	Hospital Universitario San José	Cauca
Previatop	E.S.E. Hospital San Juan de Dios	Antioquia
Agrícola de Seguros	Cemes Galerías	Bogotá
Agrícola de Seguros	Centro Odontológico Norte	Bogotá

Tabla 4. RELACION DE LOS PRESTADORES DE SERVICIO DE SALUD REFERENCIADO POR LAS ADMINISTRADORAS DE RIESGOS PROFESIONALES A NIVEL NACIONAL

Agrícola de Seguros	Centro Odontológico Puente Aranda	Bogotá
Agrícola de Seguros	Cemes Puente Aranda	Bogotá
Agrícola de Seguros	Centro Médico Diagnóstico	Bogotá
Agrícola de Seguros	Pedro Saenz Díaz	Valle
Agrícola de Seguros	Hospital San Vicente de Ferrer	Valle
Agrícola de Seguros	Asotrauma	Tolima
Agrícola de Seguros	Sede Maxilar de Cooperativa Nacional de Odontólogos	Bogotá
Agrícola de Seguros	ABC Ortodoncia	Bogotá
La Equidad	Saludcoop Cali Sur	Valle
La Equidad	Saludcoop Cali Norte	Valle
La Equidad	Saludcoop Chipichape	Valle
La Equidad	Saludcoop Jamundi	Valle
La Equidad	Saludccop Seccional Palmira	Valle
La Equidad	Saludcoop Buga	Valle
La Equidad	Saludcoop Sevilla	Valle
La Equidad	Saludcoop	Cauca
La Equidad	Clínica Saludcoop	Valle
La Equidad	Saludcoop IPS Cali Centro	Valle
La Equidad	Saludcoop IPS Policarpa	Bogotá
La Equidad	Saludcoop 104 IPS	Bogotá
La Equidad	Cooperativa Massalid Ltda Sede la 65	Antioquia
La Equidad	Saludcoop Prado	Bogotá
La Equidad	Saludcoop RX La Cochera	Bogotá
La Equidad	Saludcoop la 70	Bogotá
La Equidad	Saludcoop Bello	Antioquia
La Equidad	Saludcoop Santa Teresita	Antioquia
La Equidad	Cooperativa Massalud Sede la 80	Antioquia
La Equidad	Cooperativa Massalus Ltda Sede Laureles	Antioquia
La Equidad	Cooperativa Massalud Sede Bello	Antioquia
La Equidad	Cooperativa Massalud Sede Centro	Antioquia
Colmena ARP	E.S.E. Hospital Local Arjona	Atlántico
Colmena ARP	Clínica La Inmaculada	No se suministro ubicación
Colmena ARP	Hospital Universitario de Cartagena	Bolívar
Colmena ARP	E.S.E. Centro de Salud Vitelo Sara Castilla	Bolívar
Colmena ARP	Hospital Infantil Napoleón Franco Pareja	Bolívar
Colmena ARP	Hospital Tulia Durán de Borrero	Huila
Colmena ARP	Clínica La Asunción	Bogotá
Colmena ARP	Clínica de la Mujer	Bogotá

Tabla 4. RELACION DE LOS PRESTADORES DE SERVICIO DE SALUD REFERENCIADO POR LAS ADMINISTRADORAS DE RIESGOS PROFESIONALES A NIVEL NACIONAL

Colmena ARP	E.S.E. Hospital el Salvador	No se suministro ubicación
Colmena ARP	Clínica Centro Médico La Quinta Unimédicos	Tolima
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San Pedro y San Pablo	Risaralda
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San José	Risaralda
Colmena ARP	Unidad Intermedia del Sur (V.I.S.)	Quindío
Colmena ARP	Clínica Comfamiliar	Bogotá
Colmena ARP	Comfacartago	Valle
Colmena ARP	E.S.E. Hospital Local Obando	Valle
Colmena ARP	Hospital Nuestra Señora del Pilar	Guajira
Colmena ARP	Radioimágenes Radiólogos Asociados Ltda	Magdalena
Colmena ARP	Centro de Atención Integral CAMI	Cesar
Colmena ARP	Hospital Niño Jesús	Bogotá
Colmena ARP	Hospital La Manga	Atlántico
Colmena ARP	Clínica del Caribe	Atlántico
Colmena ARP	Solisalud tda	Bogotá
Colmena ARP	Hospital de Carumani	Cesar
Colmena ARP	Hospital Eduardo Arredondo	Cesar
Colmena ARP	Hospital Universitario San Ignacio	Bogotá
Colmena ARP	Administradora Country S.A.	Bogotá
Colmena ARP	Hospital Felipe Suárez	Caldas
Colmena ARP	Clínica Versailles S.A.	Caldas
Colmena ARP	Cruz Roja Colombiana Seccional Departamental	Caldas
Colmena ARP	Instituto Oncológico S.A.	Caldas
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San Juan de Dios	Antioquia
Colmena ARP	E.S.E. Hospital Santa Teresita Pacora	Caldas
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San Lorenzo	Caldas
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San Bernardo	Caldas
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San Vicente de Paúl	Caldas
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San José	Caldas
Colmena ARP	Nuclear de Caldas Ltda.	Caldas
Colmena ARP	E.S.E. Hospital La Misericordia	Tolima
Colmena ARP	E.S.E. Hospital Santa Rosa de Loma	Tolima
Colmena ARP	Clínica San Sebastian Ltda.	Cundinamarca
Colmena ARP	E.S.E. Sanatorio de agua de Dios	Cundinamarca
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San Rafael	Tolima
Colmena ARP	Inversiones Tolisalud IPS	Cundinamarca
Colmena ARP	Hospital Marcos Felipe Afanador	Cundinamarca
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San Rafael	Cundinamarca

Tabla 4. RELACION DE LOS PRESTADORES DE SERVICIO DE SALUD REFERENCIADO POR LAS ADMINISTRADORAS DE RIESGOS PROFESIONALES A NIVEL NACIONAL

Colmena ARP	Unidad de Salud de Ibagué	Tolima
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San Francisco	Tolima
Colmena ARP	Hospital Francisco Paula Santander	Cauca
Colmena ARP	Hospital La Niña María	Cauca
Colmena ARP	Hospital de Puerto Tejada	Cauca
Colmena ARP	Hospital San Carlos	Cauca
Colmena ARP	Hospital el Bordo	Cauca
Colmena ARP	Hospital Susana López de Valencia	Cauca
Colmena ARP	Comsalud	Cauca
Colmena ARP	Hospital de Morales	Cauca
Colmena ARP	Hospital Santa María	Cauca
Colmena ARP	Hospital de Malaguer	Cauca
Colmena ARP	Unidad Nivel 1 López de Nicay	Cauca
Colmena ARP	Hospital José Rufino Vivas	No se suministro ubicación
Colmena ARP	Hospital San Jorge	Valle
Colmena ARP	Hospital San Francisco de Asis	Cauca
Colmena ARP	Prosalud Ltda	Cauca
Colmena ARP	Hospital Departamental de Nariño	Nariño
Colmena ARP	E.S.E. Hospital Cumbal	Nariño
Colmena ARP	E.S.E. Hospital San Andres	Nariño
Colmena ARP	Hospital San José	Nariño
ARP Colmena	Hospital María Auxiliadora	Antioquia
ARP Colmena	E.S.E. Hospital Cesar Uribe Piedrahita	Antioquia
Seguros Bolívar	Hospital Pedro A. Villamizar Madrid	No se suministro ubicación
Seguros Bolívar	Hospital San Martín	Norte de Santander
Seguros Bolívar	Hospital San Vicente de Paúl	Norte de Santander
Seguros Bolívar	Clínica Santa Ana S.A.	No se suministro ubicación
Seguros Bolívar	Clínica San José S.A.	Bogotá
Seguros Bolívar	E.S.E. Hospital San Juan de Dios	Antioquia
Seguros Bolívar	E.S.E. Hospital San Julián	Antioquia
Seguros Bolívar	E.S.E. Hospital San Miguel	Antioquia
Seguros Bolívar	E.S.E. Hospital San Carlos	Antioquia
Seguros Bolívar	E.S.E. Hospital San Lorenzo	Antioquia
Seguros Bolívar	E.S.E. Hospital San Juan de Dios	Antioquia
Seguros Bolívar	E.S.E. Hospital San Juan de Dios	Antioquia
Seguros Bolívar	E.S.E. Hospital San Juan de Dios	Antioquia
Seguros Bolívar	Comfamiliar	Caldas
Seguros Bolívar	E.S.E. Hospital Fontibón	Cundinamarca
Seguros Bolívar	Comfenalco	Bogotá
Seguros Bolívar	Fundación Clínica Corpas	Bogotá
Seguros Bolívar	Centro Tecnológico Teusaquillo	Bogotá
Seguros Bolívar	Hospital Victor Herrera	Bogotá

Tabla 4. RELACION DE LOS PRESTADORES DE SERVICIO DE SALUD REFERENCIADO POR LAS ADMINISTRADORAS DE RIESGOS PROFESIONALES A NIVEL NACIONAL

Seguros Bolívar	Hospital Meisen	Bogotá
Seguros Bolívar	Hospital el Tunal	Bogotá
Seguros Bolívar	Hospital Infantil Club Noel	Bogotá
Seguros Bolívar	Clínica Ibagué Ltda.	Tolima
ARP Colseguros	Hospital Vista Hermosa	Meta
ARP Colseguros	Hospital Puerto López	Meta
ARP Colseguros	Fuente de Oro	Meta
ARP Colseguros	Hospital de Cumaral	Meta
ARP Colseguros	Sociedad Médico Quirúrgica	Cauca
ARP Colseguros	Hospital San Pedro	Cauca
ARP Colseguros	Hospital Departamental San Rafael	Valle
ARP Colseguros	Hospital Departamental San Antonio	Valle
ARP Colseguros	Unidad Urológica Pamon y Cajal	No se suministro ubicación
ARP Colseguros	Fundación Hospital San José	Valle
ARP Colseguros	E.S.E. Instituto Municipal de Salud	Risaralda
ARP Colseguros	E.S.E. Instituto Municipal de Salud	Risaralda
ARP Colseguros	E.S.E. Instituto Municipal de Salud	Risaralda
ARP Colseguros	Hospital San Vicente de Paúl	Boyacá
ARP Colseguros	Clínica Minerva S.A.	Bogotá
ARP Colseguros	MEDICADIZ Unidad Médico Quirúrgica	No se suministro ubicación
ARP Colseguros	E.S.E. Hospital San Gabriel Peláez Montoya	Antioquia
ARP Colseguros	E.S.E. Hospital San José	Antioquia
ARP Colseguros	E.S.E. Metrosalud	Antioquia
ARP Colseguros	Departamento de Radiología S.A.	Antioquia
ARP Colseguros	Hospital Departamental de Sabanalarga	Atlántico
ARP Colseguros	E.S.E. Hospital San Antonio	Antioquia
ARP Colseguros	Escanografía S.A.	Santander
ARP Colseguros	Radiólogos Especializados	Santander
ARP Colseguros	E.S.E. ISABU	Santander
ARP Colseguros	Hospital San Rafael	Cundinamarca
ARP Colseguros	E.S.E. Hospital Santo Domingo	Santander
ARP Colseguros	Clínica el Nogal	No se suministro ubicación
ARP Colseguros	Hospital Puerto Lleras	Meta
ARP Colseguros	Hospital San Martín	No se suministro ubicación
ARP Colseguros	Hospital San Juan de Dios	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	CAA Sopo	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	CAA Santa Isabel	Bogotá
Protección Laboral Seguro	CAA Quiroga	Bogotá
Protección Laboral Seguro	CAA Muña	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	CAA Bosa	Bogotá

Tabla 4. RELACION DE LOS PRESTADORES DE SERVICIO DE SALUD REFERENCIADO POR LAS ADMINISTRADORAS DE RIESGOS PROFESIONALES A NIVEL NACIONAL

Protección Laboral Seguro	CAA Carlos Echeverri	Bogotá
Protección Laboral Seguro	CAA Madrid	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	CAA Kennedy	Bogotá
Protección Laboral Seguro	CAA Guaduas	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	Clínica del Niño Jorge Bejarano	Bogotá
Protección Laboral Seguro	CAA 20 de Julio	Bogotá
Protección Laboral Seguro	CAA Facatativa	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	CAA Funza	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	CAA Villa del Sur	Valle
Protección Laboral Seguro	Clínica Santa Isabel de Hungría	Valle
Protección Laboral Seguro	Clínica Rafael Uribe Uribe	Valle
Protección Laboral Seguro	CAA Cambulos	Valle
Protección Laboral Seguro	CAA Villa Colombia	Valle
Protección Laboral Seguro	CAA Oasis	Valle
Protección Laboral Seguro	CAA La Selva	Valle
Protección Laboral Seguro	CAA Alfonso López	Valle
Protección Laboral Seguro	Escanografía y Resonancia Centro Médico Ibanaco	Valle
Protección Laboral Seguro	Angiografía Centro Médico Ibanaci Ltda.	Valle
Protección Laboral Seguro	Unidad Oncológica Ibanaco S.A.	Valle
Protección Laboral Seguro	Centro Médico de Cali S.A.	Valle
Protección Laboral Seguro	Hospital Carlos Carmona	Valle
Protección Laboral Seguro	CAA Zipaquirá	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	CAA el Dorado	No se suministro ubicación
Protección Laboral Seguro	CAA Fontibón	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	CAA Alcazaras	No se suministro ubicación
Protección Laboral Seguro	CAA La Granja	No se suministro ubicación
Protección Laboral Seguro	Centro de especialistas Hernando Zuleta Olgún	No se suministro ubicación
Protección Laboral Seguro	CAA Nuevo Chapinero	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	CAA Ubate	Cundinamarca
Protección Laboral Seguro	CAA Villeta	Cundinamarca
Suratep S.A.	Clínica del Bosque	No se suministro ubicación
Suratep S.A.	Hospital Universitario Metropolitano	No se suministro ubicación
Suratep S.A.	Clínica del Occidente	Bogotá
Suratep S.A.	Cooperativa de profesiones Medicas del Eje Cafetero	No se suministro ubicación
Suratep S.A.	Hospital Manuel Uribe Angel	Antioquia
Suratep S.A.	Inversiones Médicas de Antioquia	Antioquia
Suratep S.A.	Hospital San Rafael de Itagui	Antioquia
ARP Liberty	Marvep Ltda.	Bogotá
ARP Alfa	Sociedad Clínica Pamplona	Norte de Santander

Tabla 4. RELACION DE LOS PRESTADORES DE SERVICIO DE SALUD REFERENCIADO POR LAS ADMINISTRADORAS DE RIESGOS PROFESIONALES A NIVEL NACIONAL

ARP Alfa	Clínica Reina Sofía	Bogotá
ARP Alfa	Clinicentro Ciudad Salitre	Bogotá
ARP Alfa	Clínica Ciudad Bolívar	Bogotá
ARP Alfa	Medicina Nuclear	Bogotá
ARP Alfa	Clinicentro Calle 99	Bogotá
ARP Alfa	Clinicentro Ginecoobstetrico	Bogotá
ARP Alfa	Clinicentro Infantil	Bogotá
ARP Alfa	Clinicentro Cedro Bolívar	Bogotá
ARP Alfa	Clínica Sebastián Belarcazar	Valle
ARP Alfa	Clinicentros Cali	Valle
ARP Alfa	Clínica Colsanitas de la Costa	Atlántico
ARP Alfa	Clinicentro Barranquilla	Atlántico
ARP Alfa	Clinicentro Bucaramanga	Santander
ARP Alfa	Clinicentro Medellín	Antioquia
ARP Colpatria	E.S.E. Hospital La Merced	No se suministro ubicación
ARP Colpatria	Clínica Chicamocha S.A.	Santander
ARP Colpatria	E.S.E. Hospital San Juan de Dios	Arauca
ARP Colpatria	E.S.E. Hospital Universitario San Jorge	Risaralda
ARP Colpatria	Somesa Ltda.	No se suministro ubicación
ARP Colpatria	E.S.E. Hospital Santa Sofía de Caldas	Caldas

Simultáneamente a la aplicación del instrumento se diseñó la base de datos en Epi-info 6 donde se procesó toda la información. Una vez se fueron recibiendo todas las encuestas digitadas se dio inicio a la configuración de los datos en la base estadística.

Con respecto al diseño del sistema de vigilancia se trabajó con el equipo en diferentes reuniones en las cuales se distribuyó una serie de actividades y responsabilidades para cada integrante, y posteriormente se realizaron discusiones para obtener consensos de expertos en cada una de las etapas del sistema de vigilancia.

Se consultó con expertos y personas que habían trabajado otros sistemas de vigilancia: Sistema de Vigilancia de Colmena Riesgos Profesionales al coautor el Ing. Miguel Boada H. Se asistió al lanzamiento del Sistema de Vigilancia para radiaciones ionizantes desarrollado por la Dirección Seccional de Salud de

Antioquia celebrado el 20 y 21 de noviembre, consultando a los autores los lineamientos propuestos en su sistema de vigilancia.

El día 15 de diciembre se realizó un evento de concertación, el cual se llevó a cabo en el Hotel Tequendama, donde se presentó el esquema general del Sistema de Vigilancia propuesto para recoger los aportes de los asistentes, las dificultades, los aspectos que no se hubiesen contemplado y su impacto.

El evento contó con la participación de representantes de las siguientes entidades e instituciones: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Ministerio de Salud, INGEOMINAS y OPS, empresas del servicio de Dosimetría, Secretaría Distrital de Salud, Universidad Javeriana, Fundación Universitaria del Área Andina, Instituto Nacional de Cancerología, Administradoras de Riesgos Profesionales, y la Interventoría de la Universidad de Antioquia.

Los puntos de discusión del evento fueron analizados posteriormente por el equipo de trabajo con el fin de estudiarlos y retomarlos en el diseño del Sistema de Vigilancia epidemiológica.

PROTOCOLO DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA PARA LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES EN PRESTADORES DE SERVICIOS DE SALUD

1. CONSIDERACIONES GENERALES

El término vigilancia epidemiológica hace referencia al proceso de captura de información, análisis, interpretación y divulgación de resultados, con clara intención de generar acciones de promoción, prevención y control de la salud, bien sea a corto, mediano o largo plazo.

Un sistema de vigilancia epidemiológica bien concebido contribuiría al conocimiento real de la situación actual de la población ocupacionalmente expuesta, permitiendo a través de la planificación la retroalimentación permanente de las políticas en cuanto al comportamiento del riesgo en la fuente, el medio y en el individuo expuesto, como resultado de un sólido conocimiento de las necesidades de la población y por ende como instrumento orientador y de desarrollo del sector salud, en la medida en que ofrece elementos de orden técnico y científico a las autoridades del Sistema General de Riesgos Profesionales – SGRP- en la toma de decisiones frente a la problemática de las radiaciones ionizantes.

Como tal, la implementación del sistema de vigilancia epidemiológica para el caso de las radiaciones ionizantes en prestadores de servicios de salud, conducirá al reconocimiento de los efectos negativos para la salud que implican las prácticas justificadas con radiaciones ionizantes, constituyéndose este sistema en una herramienta básica para la protección de los trabajadores. Presenta los instrumentos que permiten evaluar las aplicaciones, los procedimientos, diseños de las instalaciones y demás elementos directamente relacionados con la exposición del factor de riesgo e inferir de éstos los factores más significativos que

contribuyen a incrementar la probabilidad de exponerse a dosis evitables, que aumentan el riesgo.

Dicho sistema responde a la necesidad de adoptar un enfoque global y coherente sobre la seguridad y la salud de los trabajadores, como lo subrayan convenios y recomendaciones internacionales del trabajo (OIT) sobre enfermedades profesionales (1934), protección contra las radiaciones ionizantes (1960), cáncer profesional (1974) y demás tratados sobre la salud y el trabajo. Igualmente, frente al ordenamiento jurídico Colombiano, el cual mediante leyes, decretos y resoluciones ha establecido medidas fundamentales de protección radiológica que de manera implícita manifiestan la intención de controlar y valorar el riesgo de exposición a radiaciones ionizantes en los sitios de trabajo.

Con referencia al riesgo radiológico cabe destacar que de acuerdo con los más recientes y completos estudios epidemiológicos sobre los efectos biológicos nocivos que pueden producir las radiaciones ionizantes, analizados exhaustivamente en los informes del "Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas" (UNSCEAR), la "Comisión Internacional de Protección Radiológica" (ICRP) ha recomendado desde 1990 reducir en un 60% los límites máximos de dosis de radiación para el personal ocupacionalmente expuesto, indicando la importancia de controlar cuantitativamente las dosis efectivas recibidas por los trabajadores, a fin de lograr la máxima seguridad durante el empleo de las radiaciones ionizantes. Dichas recomendaciones se ven plasmadas en las "Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación" Colección Seguridad N° 115, OIEA, 1997, aprobadas por los principales organismos internacionales que entienden sobre el tema (OMS, OPS, OIT, OIEA, FAO, AEN/OCDE entre otras).

2. MARCO LEGAL

- **Ley 9 de 1979 del Ministerio de Salud:** Código Sanitario Nacional, en su título III, consigna:

Artículo 150: Para el desarrollo de cualquier actividad que signifique manejo, tenencia de fuentes de radiaciones ionizantes deberán adoptarse por parte de los trabajadores, poseedores o usuarios, todas las medidas necesarias para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas directa o indirectamente expuestas y de la población en general.

Artículo 151: Toda persona que posea o use equipos de materiales productores de radiaciones ionizantes deberá tener licencia expedida por el Ministerio de Salud.

Artículo 152: El Ministerio de salud normaliza y hace cumplir las medidas de protección.

Artículo 153: Reglamentos relacionados con importación, explotación, procesamiento o uso de materiales y radioisótopos, se hará previa consulta a organismos técnicos nacionales en asuntos nucleares.

- **Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social:** Estatuto de Seguridad industrial. Este incluye definiciones de términos relacionados con las radiaciones ionizantes (Artículo 97), obligación de controlar las radiaciones para proteger la salud (artículo 98), dosis acumulativa, prohibiciones (artículo 99), exámenes médicos (artículo 100), dosimetría (artículo 101), dosis máxima, aislamiento de equipos (Artículo 106), blindaje de áreas, prevención de riesgos, elementos de protección personal (Artículo 109).
- **Convenio 112 de la OIT de 1954:** Estipula la creación de los servicios médicos de la empresa, definiendo las tareas del personal de salud con enfoque preventivo. En 1985, este convenio orienta la creación de servicios de salud con la necesaria incorporación de la higiene, la seguridad, y disciplinas como sociología, demografía y sicología entre otras¹.
- **Decreto 614 de marzo de 1984:** Por el cual se determinan las bases para la organización y administración de la Salud Ocupacional en el país, en el artículo 30 sobre el subprograma de medicina del trabajo, define que en las empresas se debe desarrollar los programas de vigilancia epidemiológica de enfermedades profesionales, patologías relacionadas con el trabajo y ausentismo por tales causas².

Determina las bases para la organización y administración gubernamental y privada de la salud ocupacional en el país, para la posterior constitución de un Plan Nacional Unificado en el campo de la prevención de los accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo y en el mejoramiento de las condiciones de trabajo.

- **Resolución 1016 de marzo de 1989 del Ministerio del Trabajo:** En el artículo 10, sobre las actividades principales de los subprogramas de medicina preventiva y del trabajo señala que se debe desarrollar actividades de vigilancia epidemiológica conjuntamente con el programa de higiene y seguridad industrial que incluirá como mínimo: accidentes de trabajo, enfermedades profesionales y panorama de riesgos².

Contiene la reglamentación para la organización, funcionamiento y forma de programas de Salud Ocupacional que deben desarrollar los patrones o empleadores en el país, con el fin de velar o preservar la salud y la seguridad de los trabajadores. En ella se definen las responsabilidades y tipos de programas que deben desarrollar, la destinación de recursos y el contenido de los subprogramas de Higiene, Seguridad y Medicina del Trabajo. También se habla de la estructuración y conformación de comités, sistemas de evaluación y competencia de vigilancia y control.

- **Resolución XIV aprobada por los Ministros de Salud de las Américas el 27 de septiembre de 1990 en la XIII Conferencia Sanitaria Panamericana:** Presentó las líneas de acción que deben orientar los programas de la OPS con el fin de desarrollar rigurosamente la salud de los trabajadores, como parte integral de los planes nacionales de salud, de promoción social y desarrollo académico².
- **Decreto 1295 del 22 de junio de 1994:** por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales en Colombia.²
- **Decreto 1772 del 3 de agosto de 1994:** Por el cual se reglamenta la afiliación y cotizaciones al SGRP, reitera la necesidad del manejo estadístico epidemiológico de los accidentes de trabajo y enfermedad profesional³.

- **Decreto 1832 del 3 de agosto de 1994:** El cual contempla la tabla de enfermedades profesionales para Colombia.

- **Código sustantivo y procesal del trabajo.**
 - Artículo 186-2:** Los profesionales y ayudantes que trabajan en establecimientos privados dedicados a la lucha contra la tuberculosis y los ocupados en la aplicación de rayos X, tienen derecho a gozar de 15 días de vacaciones remuneradas por cada 6 meses de servicios prestados.

Artículo 187-1: La época de las vacaciones debe ser señalada por el empleador a más tardar dentro del año subsiguiente, y ellas deben ser concedidas oficiosamente o a petición del trabajador, sin perjudicar el servicio y la efectividad del descanso.

Artículo 188: Si se presenta interrupción justificada en el disfrute de las vacaciones, el trabajador no pierde el derecho a reanudarlas.

Artículo 189: (Modificado decreto 2351 de 1995). Es prohibido compensar en dinero las vacaciones, sin embargo el Ministerio de Trabajo puede autorizar el pago hasta de la mitad de éstas en casos de perjuicio para la economía nacional o industrial.

Artículo 190: (Modificado decreto 13 de 1967, artículo 6). En todo caso, el trabajador gozará anualmente, por lo menos de seis días hábiles continuos de vacaciones, los que no son acumulables.
 - **Decreto 295 de 1958 del Ministerio de Minas y Energía:** (Modificado por decreto 2655 de 1988 del Ministerio de Minas y Energía). Reglamenta el control a la importación, uso y aplicación de isótopos . Artículos 1 y 3.
 - **Decreto 2811 de 1974 de la Presidencia de la República:** Código de Recursos Naturales. **Artículo 32:** Para prevenir deterioro ambiental o daño en la salud del hombre y de los demás seres vivientes, se establecerán requisitos y condiciones para la importación, la fabricación, el transporte, el almacenamiento, la comercialización, el manejo, el empleo o la disposición de sustancias y productos tóxicos o peligrosos.

- **Decreto 694 de 1975 del Ministerio de Salud:** Estatuto de personal para el Sistema Nacional de Salud, en su artículo 66 reglamenta 15 días hábiles de vacaciones por cada seis meses de servicios prestados, no acumulables.
- **Decreto 2104 de 1983 Ministerio de Salud Pública:** Por el cual se reglamenta parcialmente el título III de la parte IV del libro 1 del decreto - ley 2811 de 1974 y los títulos X y XI de la ley 9 de 1979 en cuanto a residuos sólidos.
- **Resolución 2309 de 1986 del Ministerio de salud:** Para los efectos de esta resolución se denominan residuos especiales, los objetos, elementos o sustancias que se abandonan, botan, desechan o rechazan y que sean patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, o volatizables y los empaques y envases que lo hayan contenido, como también los lodos, cenizas y similares.
- **Resolución 13382 de 1984:** Adopta medidas para la protección de la salud en el manejo de rayos x, otras fuentes de radiaciones ionizantes y el uso de sustancias radiactivas, exigiendo a poseedores y usuarios obtener licencia de funcionamiento, llenando los requisitos que en ésta se establecen. Contiene los artículos 1, 4, 5, 9 y 13.
- **Resolución 2810 de 1986 del Ministerio de Salud:** En el artículo 45 numeral 3 y artículo 56 establece las condiciones locativas y de aislamiento que deben cumplir las áreas de radiología en establecimientos hospitalarios y similares.
- **Decreto 2655 de 1988 Código de Minas del Ministerio de Minas y Energía:**
 - Artículo 96:** La importación y empleo de materiales para cualquier uso así como la disposición de sus desechos requerirán de la autorización previa del Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, INEA.
 - Artículo 97:** La exportación de materiales requerirá concepto favorable del INEA.
- **Ley 56 de 1988 código del menor:** Artículo 245 numeral 5 prohíbe los trabajos para menores de edad, donde se tenga que manipular sustancias

radiactivas, pinturas luminiscentes, rayos x o que impliquen exposición a radiaciones ultravioletas, infrarrojas y emisiones de radiofrecuencia.

- **Resolución 13824 de 1989 del Ministerio de Salud:** Por medio de la cual se suspende en todo territorio nacional la prueba de abreugrafía o fotofluorografía como examen de rutina, para ingreso a establecimientos, entidades o instituciones públicas o privadas y como examen periódico de vigilancia epidemiológica en estudiantes y trabajadores, exámenes que solo se utilizan en el proceso de diagnóstico individual, previa autorización médica.
- **Decreto 2666 de 1989:** Normas sobre despachos de mercancía. Artículo 181 y 182.
- **Resolución 9031 de 1990 del Ministerio de salud:** Dicta normas y establece procedimientos relacionados con el funcionamiento y operación de los equipos de rayos x y otros emisores de radiaciones ionizantes. Reglamente el licenciamiento de toda fuente emisora de radiaciones ionizantes y los requisitos técnicos y de personal para dicho licenciamiento.
- **Decreto 758 de 1990 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social:** Reglamento general del Seguro Social obligatorio de invalidez, vejez y muerte.
- **Resolución 7584 de 1991 del Ministerio de Salud:** Con esta se delega el programa de Radiofísica Sanitaria de que trata la Resolución 9031 de 1990, en los servicios seccionales de salud de Antioquia, Boyacá, Caldas, Valle y Tolima para su ejecución y cumplimiento.
- **Decreto 588 del Ministerio de Minas y Energías:** Estatutos básicos del Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas. Este decreto modifica los estatutos básicos del instituto de asuntos nucleares IN el cual establece como uno de los objetivos de esta institución: "Prevenir los efectos de las radiaciones ionizantes sobre la población y el medio ambiente mediante la investigación, reglamentación, supervisión y control de sus aplicaciones en el territorio nacional".

- **Decreto 1494 de 1993 del Ministerio de Minas y Energías:** Reglamenta la estructura interna del Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA y asigna las funciones de la oficina de reglamentación y licenciamiento.
- **Decreto 1281 de 1994, reglamentario de la ley 100 de 1993:** en su artículo primero establece que los trabajos con exposición a radiaciones ionizantes, son actividades de alto riesgo para la salud de los trabajadores y por lo tanto se requiere que el ministerio de trabajo y seguridad social, realice la comprobación de la exposición, para establecer si el empleador debe reajustar su cotización con destino a la pensión especial de vejez que concede este decreto.
- **Resolución 5039 de 1994:** Hace alusión a la regulación y evaluación de la tecnología en salud.
- **Decreto 2100 de 1995 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social:** Las unidades de radiodiagnóstico y de radioterapia de los centros asistenciales o IPS, deben ser clasificados como centros de trabajo independientes; en caso de que dichas unidades incumplan las normas de Radiofísica sanitaria o bioseguridad, además de las sanciones previstas en el decreto 1295 de 1994, la empresa se clasificará en la clase correspondiente a dichas unidades.
- **Resolución 00137 de 1998:** Por lo cual se declara una emergencia para la importación de Radiofármacos con destino a atender la demanda de los usuarios de tales productos.
- **Ley 430 de 1988:** Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
- **Decreto 1451 de 1988 de la Presidencia:** Por el cual se distribuyen unas funciones del Instituto de Ciencia Nucleares y Energías Alternativas INEA en liquidación en el instituto de investigación de Geociencia, Minería y Química INGEOMINAS.
- **Decreto 1141 de 1999 de la Presidencia:** Por el cual se reestructura el Ministerio de Minas y Energía.

- **Resolución 2569 de 1999 del Ministerio de Salud:** Por la cual se reglamenta el proceso de clasificación del origen de los eventos de salud en primera instancia dentro del Sistema de Seguridad Social en Salud.
- **Decreto 567 de 2000 de la Presidencia:** Por la cual se modifica el decreto 1141 de 1999 que trata de la reestructuración del Ministerio de Minas.

3. IMPORTANCIA EPIDEMIOLÓGICA DEL EVENTO A VIGILAR

La exposición a dosis elevada de radiación puede causar efectos tales como náuseas, enrojecimiento de la piel o, en casos graves, síndromes más severos que se manifiestan clínicamente en los individuos expuestos poco tiempo después de la exposición. Dichos efectos se denominan efectos determinista porque su aparición es segura si la dosis rebasa un nivel umbral. La exposición a la radiación puede también producir efectos somáticos tales como enfermedades malignas, que se manifiesta tras un período de latencia y puede ser detectables epidemiológicamente en la población; se supone que tales efectos se producen en toda la gama de dosis, sin nivel umbral. Asimismo, en poblaciones de mamíferos se han detectado estadísticamente efectos hereditarios resultantes de la exposición a la radiación y se supone que también se dan en las poblaciones humanas. Estos efectos epidemiológicamente detectables se denominan efectos estocásticos por su naturaleza aleatoria.

Los efectos determinista son resultado de procesos diversos, principalmente el de muerte celular y demora en la división celular, causados por la exposición a altos niveles de radiación. Si son los suficientemente amplios, pueden deteriorar la función del tejido expuesto. La gravedad de un efecto determinista dado en un individuo expuesto aumenta con la dosis por encima del umbral de aparición del efecto.

Los efectos estocásticos pueden presentarse cuando una célula irradiada no muere, sino que se modifica. Las células modificadas pueden, al cabo de un proceso prolongado, degenerar en cáncer. Los mecanismos de reparación y de

defensa del organismo que hacen que tal desenlace sea muy improbable para las dosis pequeña; pero no hay prueba alguna de que exista una dosis umbral por debajo de la cual sea imposible la producción de un cáncer. La probabilidad de aparición de cáncer aumenta con la dosis, pero la gravedad de un eventual cáncer resultante de la irradiación es independiente de la dosis. Si la célula dañada por exposición a la radiación es una célula germinal cuya función es transmitir información genética a la progenie, es concebible que en los descendientes del individuo expuesto se manifiestan efectos hereditarios de diversos tipos. Se supone que la probabilidad de los efectos estocásticos es proporcional a la dosis recibida, sin dosis umbral.

Además de los efectos mencionados, pueden producirse otros efectos sobre la salud de los niños a causa de la exposición del embrión o feto a la radiación. Entre tales efectos cabe mencionar una mayor probabilidad de leucemia y, en el caso de exposición por encima de él y distintos valores de la dosis umbral durante ciertos períodos del embarazo, el retraso mental y deformaciones congénitas graves.

Puesto que se supone que incluso para las dosis más bajas existe una pequeña probabilidad de aparición de efectos estocásticos, las normas son aplicables en toda la gama de dosis, con el fin de reducir todo detrimento por radiación que pueda producirse. Las múltiples facetas del concepto de detrimento por radiación hacen poco conveniente adoptar una sola magnitud para representarlo.

Las Normas se basan en el concepto de detrimento recomendado por la CIRP en lo tocante a efectos estocásticos, englobando las siguientes magnitudes:

- La probabilidad de un cáncer mortal atribuible a la exposición al Factor de riesgo de radiación ionizante.
- La probabilidad ponderada de contraer un cáncer no mortal
- La probabilidad ponderada de efectos hereditarios graves y
- El periodo de vida que se pierde si sobreviene el daño.⁴

Alteraciones como consecuencias de la exposición al factor de riesgo:

- Sobre la reproducción de las células epiteliales.
- Inducción de proliferación cancerosa por años después de la exposición a radiaciones.

- El riesgo de neoplasias se incrementa más en personas expuestas a dosis bajas de radiaciones que en la población y pueden presentarse 2 a 3 décadas después de la exposición.

Los eventos que puedan ser relacionados con las radiaciones, necesitan de una amplia y exhaustiva información de la actividad económica de la empresa, de los antecedentes relacionados con el manejo del riesgo, de los oficios y actividades de sus empleados y de los antecedentes de exposición ocupacional con el fin de establecer la relación causal de la enfermedad con la ocupación, pues estos eventos no son siempre inherentemente ocupacionales.

Dada la dificultad de establecer procesos asociados a los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes y en particular a los pertinentes a radiaciones de bajo nivel, es importante tener en cuenta que la finalidad del sistema de vigilancia es proteger al trabajador contra los efectos dañinos de la radiación, apoyándose en la mejor información disponible sobre efectos biológicos y sobre las condiciones ambientales de trabajo.

El sistema de vigilancia sigue el objeto de la CIRP, la cual busca establecer un nivel de dosis sobre las consecuencias para el individuo pueden ser vistas como claramente inaceptables, sin que deba entenderse esto como una línea de demarcación entre lo seguro y lo peligroso. Por tanto las empresas en las que se realicen prácticas con radiaciones ionizantes deben ser identificadas y licenciadas, y debe establecerse sobre estas la vigilancia de acuerdo con el tipo de material, Fuente o emisor para prevenir los efectos sobre la salud⁴.

Existe una desinformación sobre el factor de riesgo que genera en los trabajadores una actitud de extremar o descuidar normas de seguridad, generando por una parte una cultura laboral alarmista y errónea sobre el factor de riesgo y por otra parte la actitud hacia conductas no seguras en la utilización de las medidas de control.

Aunque no hay información disponible en el país que nos permitan configurar el escenario para determinar la magnitud, severidad y vulnerabilidad del problema, se tiene algunos datos que pueden dar una idea de la situación del factor de riesgo. De hecho uno de los grandes beneficios que traerá la operativización del sistema

es la obtención de información sistemática para mantener actualizado el diagnóstico de la situación.

Si bien en las Direcciones territoriales de Salud está la responsabilidad de exigir el cumplimiento de requisitos esenciales de los prestadores de servicios de salud, la información relacionada con los prestadores que tienen el factor de riesgo de radiación ionizante no está recopilada en el nivel central y solo está disponible a nivel departamental, municipal o Distrital. Según información obtenida de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá existe un total de 128 instituciones en el distrito con equipos emisores de radiaciones que cumplen con los Requisitos Mínimos.

Los resultados de una encuesta aplicada en las ARP para caracterizar el factor de riesgo en los prestadores de servicios de salud afiliados, arrojó los siguientes resultados:

De 15 ARP existentes en ese momento, 12 reportaron tener prestadores afiliados, como se observa a continuación:

Tabla 5. DISTRIBUCION DE PSS POR ARP

ARP	PSS	%
Agrícola de Seguros	10	4,0
ALFA	15	6,0
Colmena	69	27,6
Colpatria	6	2,4
Colseguros	31	12,4
La Equidad	22	8,8
LIBERTY	1	0,4
Previatop	20	8,0
Protección Laboral Seguro	35	14,0
Royal & Sunalliance	11	4,4
Seguros Bolívar	23	9,2
Suratop	7	2,8
Total	250	

Los prestadores de servicios de salud referenciados se encontraron distribuidos en el primer nivel el 52.8% (132), en el segundo nivel el 21.2% (53), en el tercer nivel el 15.2% (38) y no se conoce el nivel de complejidad en el 10.8% (27).

En la tabla 6 se observa como Cundinamarca es el departamento con mayor reporte con un 22.4%, seguido de Antioquia con el 10.8%, Cauca con el 4.4%, en el resto de departamentos está el 20.5% y no se conoció la ubicación geográfica en el 38.4%. Esta información no refleja la real situación del país, pues como se ve hay departamentos que no reportaron ningún prestador con exposición al riesgo, lo cual puede tener dos explicaciones, una que no existan prestadores con exposición al riesgo o a que no estén afiliados al Sistema de Riesgos Profesionales, por la experiencia es más probable la segunda explicación. Si hacemos una comparación de la información obtenida en esta encuesta con la obtenida por el programa de Radio física sanitaria de Bogotá, esta última supera en gran número las reportada en solo Cundinamarca, esta situación puede ser similar en otros departamentos y distritos, es decir que no todos los prestadores de servicios registrados en las Direcciones de Salud están cotizando al sistema.

Tabla 6. DISTRIBUCION DE PSS POR NIVEL SEGÚN AREA GEOGRAFICA

Departamento	Nivel 1	%	Nivel 2	%	Nivel 3	%	Total	%
Antioquia	18	19,8	8	22,9	1	3,6	27	10,8
Arauca	1	1,1	0	0,0	0	0,0	1	0,4
Atlántico	3	3,3	1	2,9	1	3,6	5	2,0
Bolívar	1	1,1	0	0,0	1	3,6	2	0,8
Boyacá	0	0,0	1	2,9	0	0,0	1	0,4
Caldas	6	6,6	2	5,7	3	10,7	11	4,4
Cauca	10	11,0	5	14,3	2	7,1	17	6,8
Cesar	2	2,2	0	0,0	1	3,6	3	1,2
Cundinamarca	30	33,0	10	28,6	16	57,1	56	22,4
Huila	5	5,5	1	2,9	0	0,0	6	2,4
Magdalena	0	0,0	1	2,9	0	0,0	1	0,4
Meta	5	5,5	0	0,0	0	0,0	5	2,0
Nariño	2	2,2	1	2,9	1	3,6	4	1,6
Norte de Santander	2	2,2	1	2,9	0	0,0	3	1,2
Quindío	1	1,1	0	0,0	0	0,0	1	0,4
Risaralda	4	4,4	1	2,9	1	3,6	6	2,4
Santander	1	1,1	3	8,6	1	3,6	5	2,0
Subtotal	91		35		28		154	
No se conoce							96	38,4
Total							250	

Esta situación también puede ser atribuida a las condiciones de vinculación laboral de los trabajadores en riesgo, ya que dependiendo de esta hay empleados que no están obligados a cotizar al Sistema General de Riesgos Profesionales, como es el caso de las personas con contratos civiles.

Con respecto a los equipos, los más frecuentes son en su orden, los equipos Periapicales (29%), Convencionales (22.9%), Móviles o Portátiles (16.5%) y Combinados con fluoroscopia (8.5%); entre los relacionados, los equipos móviles o portátiles son los que tienen mayor dificultad para realizar su control a nivel del medio y con los cuales se presenta el mayor número de personas ocupacionalmente expuestas.

Tabla 7. EQUIPOS EMISORES DE RADIACIONES REFERENCIADOS POR LAS ARP		
Tipo de equipo	No.	%
Mamógrafo	24	5,1
Escanógrafo	24	5,1
Convencional	108	22,9
Aceleradores	11	2,3
Móviles o portátiles	78	16,5
Periapical	137	29,0
Panorámicos	10	2,1
Combinados con fluoroscopia	40	8,5
Densitómetros	9	1,9
Angiógrafos	8	1,7
Cobaltoterapia	7	1,5
No se conoce el quipo	16	3,4
Total	472	

En correspondencia con los datos anteriores, el área de Odontología es la más frecuentemente identificada, seguida de las áreas en las que se utilizan equipos portátiles como es Urgencias, Cirugía, Neonatos, etc.

Tabla 8. AREAS HOSPITALARIAS CON EXPOSICIÓN

Área	No.	%
Urgencias	78	23,4
Cirugía	72	21,6
Odontología Periapical	145	43,5
Odontología Pánorex	9	2,7
Odontología perfiles	15	4,5
No se conoce el área	14	4,2
Total	333	

Según la información de la Secretaría de Salud de Bogotá del total de personas expuestas y carnetizadas en radioprotección (1322), el 53.6% son odontólogos, el 20.9% son auxiliares en radiología odontológica y médica, 24.7% son tecnólogos y técnicos y tan solo el 0.7% son médicos, bacteriólogas y enfermeras. Esta información es consistente con los hallazgos de la encuesta en cuanto a que es probable que la población de odontólogos sea una de las más frecuentes y más expuestas al riesgo y por tanto la importancia de incluirla en un sistema de vigilancia, más aún cuando el mayor número de equipos identificados son de uso odontológico y por sus características estos no brindan los mismos controles de seguridad en la fuente que el resto de equipos de uso médico. pese al subregistro.

En cuanto a los servicio que presentan riesgo en los prestadores referidos, el de medicina general es el más frecuente con un 52.9%, ya que este es el que más utiliza pruebas de diagnóstico, en segundo lugar está las colangiografías con el 16.4%, el de cardiología con el 7.1 %, medicina nuclear y radioterapia con el 4.2% cada uno. Estos tres últimos junto con el resto de servicios son menos frecuentes debido a que estos son prestados en los niveles tres de complejidad.

Tabla 9. SERVICIOS CON EXPOSICIÓN

Tipo de servicio	No.	%
Medicina General	126	52,9
Medicina Nuclear	10	4,2
Litotripcias	5	2,1
Hemodinamia	9	3,8
Colangiografías	39	16,4
Cardiología- Pruebas de esfuerzo	17	7,1
Radioterapia	10	4,2
Braquiterapia	7	2,9
No se conoce el servicio	15	6,3
Total	238	

Los trabajadores ocupacionalmente expuestos identificados están relacionados con los departamentos de radiología y odontología de los prestadores de servicios de salud, cuyos cargos mencionados son: Técnicos y Tecnólogos de Rayos X (31%), Auxiliares (29.55%), Odontólogos (28.7%), Médicos Radiólogos (10.51%); es preocupante que no se identificó la población de servicios médicos especializados como son los Médicos Cirujanos, Gastroenterólogos, Cardiólogos, Cirujanos Ortopedistas, Urólogos y Anestesiólogos, etc, y otros indirectamente expuestos como las Instrumentadoras, enfermeras profesionales de rotación, los cuales pueden considerarse como una población altamente expuesta debido a que las medidas de control en el medio y en el individuo no son fácilmente aplicables.

Aunque no se recogió información estadística sobre las características de la tecnología disponible en el país, la observación de los radiofísicos que han realizado estudios de los equipos en los prestadores de servicios dan cuenta de que estos datan de varias décadas atrás, lo que requiere la instauración de programas predictivos y preventivos para garantizar la calidad técnica, lo cual no siempre se hace y estos se limitan a mantenimientos de tipo correctivo. Esta situación contribuye a aumentar el riesgo tanto para pacientes como para el trabajador.

Finalmente es de observar como en los prestadores de servicios reportados, solamente el 35.6% (89) tienen implementado el programa de dosimetría personal, de estos el 44.2% lo tiene hace más de tres (3) años, el 18% lo tiene

desde hace 1 a 3 años y el 27% hace menos de un año; y el 64.4% (161) no tienen implementado el programa. Adicionalmente se encontró que el 68 % (170), cuentan con programa de salud ocupacional y el 32% (80) no tienen el programa; y tan solo en el 20.8% (52) se han realizado estudios ambientales para conocer el grado de exposición al factor de riesgo.

Son numerosas las razones que justifican la urgente necesidad de implementar un sistema de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes, en el cual poco a poco se establezcan los mecanismos para incluir a todas las personas ocupacionalmente expuestas, puesto que no es ético que bajo las mismas condiciones de exposición y de riesgo, unos sean vigilados y controlados y otros no, para ello es necesario avanzar en algunos desarrollos normativos que actualmente están presentando vacío en cuanto a la obligatoriedad de cotizar al sistema de riesgos profesionales.

4. OBJETIVO

Garantizar la vigilancia epidemiológica permanente de la población ocupacionalmente expuesta al factor de riesgo radiaciones ionizantes, que por su impacto negativo sobre la salud es de alto riesgo, de tal forma que pueda anticiparse a las situaciones de riesgo y de protección a la salud, identificando precozmente las alteraciones y de esta manera hacer posible una intervención oportuna e integral en el ámbito laboral, mediante estrategias sistemáticas de control sobre las personas, la fuente y el ambiente.

4.1.Objetivos Específicos

- Caracterizar el comportamiento y la dinámica de la exposición a radiaciones ionizantes a través de la elaboración del panorama de factores de riesgo institucional para radiaciones ionizantes.
- Identificar la exposición a radiaciones ionizantes por grupos de riesgo y caracterizar su dinámica.

- Proveer de forma sistemática y oportuna, información sobre la dinámica y comportamiento de la exposición a radiaciones ionizantes, para orientar acciones de promoción y prevención en el ámbito laboral para minimizar el riesgo.
- Identificar las necesidades de coordinación interinstitucional y las fuentes de información primarias y secundarias del sistema de vigilancia epidemiológica.
- Servir de soporte para el diseño y ejecución de programas académicos de educación continuada y adiestramiento en protección radiológica.

4.2 Metas y estrategias

Un sistema de vigilancia para radiaciones ionizantes operando en todos los prestadores de servicios de salud que posean el factor de riesgo, mediante la implementación del protocolo por directriz del Ministerio de trabajo orientado por las ARP.

Todos los prestadores de servicios de salud con la población ocupacionalmente expuesta clasificados de acuerdo al factor de riesgo, mediante la aplicación de los criterios de clasificación establecidos en el protocolo.

Un sistema de información para radiaciones ionizantes unificado, mediante la definición de variables y la definición de los requerimientos de información por niveles de operación:

- Territorial: Prestador de servicios, EPS, ARP y Direcciones municipales, distritales y departamentales de salud, Divisiones departamentales del trabajo.
- Nacional: Ministerio de Minas, Ministerio de Salud y Ministerio de Trabajo

Todos los prestadores de servicios de salud con controles sobre el factor de riesgo mediante la aplicación de medidas específicas de prevención y control en la fuente, en el medio y en los trabajadores.

4.3 Utilidad

- Dará elementos para la formulación de políticas, normas técnicas y para la actualización sistemática en los objetivos de los programas nacionales de Salud

Ocupacional de las entidades rectoras del Sistema General de Riesgos Profesionales del nivel nacional

- Permitirá la integración de los diferentes actores que tienen responsabilidad en el sistema.
- Facilitará la definición de estrategias para la detección precoz y oportuna de los daños a la salud del trabajador expuesto a radiaciones ionizantes.
- Orientará el diseño y desarrollo de investigación relacionada con la problemática de la exposición a radiaciones ionizantes.
- Facilitará la asignación y ejecución racional de los recursos financieros hacia las prioridades establecidas para el control del riesgo.
- Contribuirá a evaluar la gestión de los programas de promoción y prevención dirigidos a la población ocupacionalmente expuesta a radiaciones ionizantes.

5. METODOLOGIA

5.1 POBLACIÓN A ESTUDIAR

El universo está conformado por todos los trabajadores de servicios de salud que trabajen en Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud del País, expuestos a radiaciones ionizantes.

5.1.1 Población Objeto

El Sistema de Vigilancia Epidemiológica para Radiaciones Ionizantes será aplicado en los Prestadores de Servicios de Salud que posean /usen equipos de Radiología diagnóstica y terapéutica, operen y manipulen material radiactivo y fuentes selladas; utilizados en los siguientes servicios:

Odontología con servicio de Rayos X
Radiología Médica
Cirugía General con equipo de Rx móvil
Cirugía General con equipo de Fluoroscopia móvil
Cirugía de Ortopedia

Hemodinamia
Litotricia
Urología
Gastroenterología
Angiografía
Electrofisiología
Otros departamentos o servicios con equipo portátil (urgencias, Cuidados Intensivos, Neonatos, etc.)
Medicina Nuclear
Radioterapia
Braquiterapia
Teleradioterapia
Producción de radiofármacos
Estudio inmunológicos, citológicos y de dinámicas funcionales
Bioquímica, Biomedicina
Entomología
Otros servicios con utilización de Material radiactivo.

El trabajador objeto del sistema de vigilancia "Es toda persona ocupacionalmente expuesta al riesgo de radiaciones ionizantes, entendiéndose como exposición ocupacional (a las radiaciones) aquellas exposiciones que se reciban en el lugar de trabajo como consecuencia de situaciones que puedan razonablemente considerarse como responsabilidad de la gestión de las operaciones"⁴

Entre los expuestos se consideran las siguientes ocupaciones: Odontólogos, Médico radiólogos, Bacteriólogas, Gastroenterólogos, Urólogos, Ortopedistas, Cirujanos, Cardiólogos, Radioterapeutas, Electrofiólogos, Hemodinamistas, Neurólogos, Anestesiólogos; Enfermeras Jefes, auxiliares, Tecnólogos y Técnicos, Camilleros, Instrumentadoras de los servicios donde exista el riesgo, Médico de Salud Ocupacional, Físico Médico y Radiofísico, otros especialistas donde se genere el riesgo y otros trabajadores que en razón de su oficio tengan que exponerse al factor de riesgo.

5.1. CRITERIOS DIAGNOSTICOS

No existe una prueba diagnóstica biológica que confirmen la relación de causalidad, por tanto se hizo una clasificación de acuerdo con el conjunto de hallazgos clínicos, ambientales y de registro individual, no con el fin de confirmar caso, sino de establecer una metodología de vigilancia específica para prevención del factor de riesgo⁴.

Los criterios diagnósticos para la caracterización de las personas que el sistema de vigilancia epidemiológica tendrá son:

5.1.1. DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES DE SALUD

Se obtendrán de la historia clínica ocupacional a través del examen médico, el cual se deben categorizar como examen de preempleo, periódico o reintegro o después de exposiciones anormales. Deben evaluar la aptitud del trabajador en tres situaciones particulares para este factor de riesgo⁴:

- Capacidad o incapacidad del trabajador para soportar medios (elementos) de protección de las vías respiratorias.
- La capacidad de un trabajador con enfermedades de la piel para manipular fuentes no selladas (eczemas o soriasis).
- La capacidad de un trabajador con desórdenes psicológicos para trabajar con fuentes de radiación.

Para lograr estos propósitos los exámenes médicos de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes deben contemplar la siguiente información: datos de identidad personal, información sobre antecedentes personales o familiares de enfermedad, información sobre hábitos tóxicos y conductas sociales que impliquen peligro para la seguridad del trabajo, historia ocupacional que recoja registros de dosis y exposición ocupacional anterior, años de exposición, examen físico general, estudios de laboratorio y pruebas funcionales a criterio médico.

Las pruebas de laboratorio serán realizadas como ayuda diagnóstica correlacionándose exhaustivamente con la historia clínica ocupacional. Las pruebas que se toman de referencia son⁵:

Hemoleucograma con sedimentación y extendido de sangre periférica: se recomienda que en lo posible sea realizado con tecnología de punta de V o VI generación para asegurar una mayor precisión. Este debe incluir:

- Recuento de eritrocitos
- Recuento de reticulocitos
- Recuento de leucocitos
- Recuento plaquetario
- Hemoglobina
- Hematocrito
- Volumen corpuscular medio
- Hemoglobina corpuscular media
- Concentración media de hemoglobina corpuscular.

Pruebas de función renal:

- Urea
- Nitrógeno uréico (BUN)
- Creatinina
- Pruebas de función hepática
- Bilirrubina total, directa e indirecta
- Fosfatasa alcalina

Pruebas de función tiroidea:

- T3
- T4 y
- TSH

En hombres el Espermograma y en mujeres la LH (hormona luteinizante) y la FSH (hormona folículo estimulante)

Punción de médula ósea cuando se estudie aplasia mieloide.

5.1.2. **DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO**

Se especifican los puntos críticos de operación existentes en la fuente y medio con relación al trabajador.

Esta información se podrá obtener de la licencia de funcionamiento del equipo, o licencia de funcionamiento del para manipulación de material radiactivo, del estudio de Radiofísica realizado; del panorama de factores de riesgos, de la declaratoria de requisitos mínimos, de los registros de dosimetría personal. De estos documentos se obtendrá la siguiente información para clasificar los trabajadores en el sistema de vigilancia⁴:

- Priorización del factor de riesgo en el panorama de condiciones de trabajo.
- Cumplimiento de los requisitos mínimos esenciales de acuerdo al nivel de complejidad.
- Documentos que especifican las características de los equipos, marca y modelo; carga de trabajo, personal expuesto, idoneidad de las personas y en especial la existencia de normas y procedimientos de trabajo.
- Grado de riesgo de acuerdo al monitoreo ambiental realizado
- Vigencia del monitoreo ambiental
- Cumplimiento de los requerimientos del monitoreo ambiental.
- Acumulados de Dosimetría Personal teniendo presente los valores establecidos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica⁴:
 - ☒ Una dosis efectiva de 20 mSv por año como promedio en un periodo de cinco años consecutivos.
 - ☒ Una dosis efectiva de 50 mSv en cualquier año
 - ☒ Una dosis equivalente al cristalino de 150 mSv en un año
 - ☒ Una dosis equivalente a las extremidades (manos y pies) o a la piel (se refiere a la dosis en 1 cm² del área cutánea más intensamente irradiada) de 500 mSv en un año.

5.2. DEFINICIÓN DEL EVENTO A VIGILAR

Para definir el evento a realizar se tuvieron en cuenta tres aspectos: condiciones de salud, condiciones de trabajo y el registro de dosimetría.

Las variables que se tienen en cuenta en condiciones de salud fueron las siguientes:

- Antecedentes ocupacionales relacionados con el factor de riesgo.
- Hallazgos clínicos relacionados con el factor de riesgo.

Las condiciones de trabajo y las variables que se tienen en cuenta son las siguientes:

- Tipo de Servicio ofrecido por el Prestador de Servicios de Salud, equipos existentes y requisitos mínimos esenciales.
- Panorama de condiciones de trabajo con la priorización del factor de riesgo
- Monitoreos ambientales con el grado de exposición al factor de riesgo.
- Controles existentes

Las variables de dosimetría que se tienen en cuenta están dadas de acuerdo a los acumulados.

Para clasificar los trabajadores en el sistema de vigilancia se dan las siguientes definiciones operativas:

TRABAJADOR EN RIESGO BAJO:

Cuando el trabajador cumple con la totalidad de los siguientes criterios, o tiene una calificación total de 5:

1. No existen antecedentes ocupacionales de exposición al factor de riesgo
1. El acumulado anual de la dosimetría esta por debajo de 20 mSv.
2. El grado de exposición al factor de riesgo del trabajador está por debajo de 0.49 (radiación encontrada / radiación permitida)
3. La priorización del riesgo en el panorama es baja para intervención a largo plazo
4. Trabaja en un medio que cumple con todas las normas y reglamentaciones vigentes

TRABAJADOR EN RIESGO MEDIO

Cuando el trabajador cumple por lo menos uno de los siguientes criterios, o tiene una calificación total hasta 12:

1. Con antecedentes ocupacionales de exposición al factor de riesgo.
2. El acumulado anual de la dosimetría esta entre 20 – 50 mSv.

3. El grado de exposición al factor de riesgo del trabajador está entre 0.5 y 0.99. (radiación encontrada / radiación permitida)
4. La priorización del riesgo en el panorama es media para intervención a largo plazo

Nota: Si tiene antecedentes ocupacionales de exposición al factor de riesgo, este por sí solo no es suficiente para incluirlo en esta clasificación, y por consiguiente deberá cumplir con un criterio adicional.

TRABAJADOR EN RIESGO ALTO

Cuando el trabajador que cumple por lo menos uno de los siguientes criterios, o tiene una calificación total mayor a 12 y máximo 36:

1. Con antecedentes ocupacionales de exposición al factor de riesgo.
2. El acumulado de la dosimetría esta por encima de 50 mSv en cualquier período del año.
3. El grado de exposición al factor de riesgo del trabajador es mayor o igual a 1 (radiación encontrada / radiación permitida)
4. La priorización del riesgo en el panorama es alta para intervención inmediata.
5. Trabaja u opera equipos del servicio de Radioterapia con Teleterapia y Braquiterapia.
6. Trabajo u Opera equipos portátiles de Rayos X y/o fluoroscopia.
7. Trabaja en procedimientos médicos especiales (Cirugía, Hemodinamia, Litotricia, urología, gastroenterología, angiografía y electrofisiología) y de medicina nuclear.

Nota: Si tiene antecedentes ocupacionales de exposición al factor de riesgo, este por sí solo no es suficiente para incluirlo en esta clasificación, y por consiguiente deberá cumplir con un criterio adicional.

A continuación se presenta la Tabla de clasificación del evento a vigilar:

Tabla 10. GUIA DE CLASIFICACIÓN

CONDICION	VARIABLE	CRITERIO		CALIFICACION	CLASIFICACION DEL EVENTO A VIGILAR		
					BAJO	MEDIO	ALTO
Diagnostico de Salud	Antecedentes	1	Sin antecedentes ocupacionales relacionados con el riesgo	0	X		
		2	Con antecedentes ocupacionales relacionados con el riesgo	3		X	X
	Hallazgos	3	Sin Hallazgos clínicos relacionados con la exposición	0	X		
		4	Con Hallazgos clínicos relacionados con la exposición	3		X	X
Subtotal					0	6	6
Registro Dosimétrico	Acumulado	1	Acumulado establecido por el sistema de vigilancia por debajo de los límites de dosis recomendados	1	X		
		2	Acumulado establecido por el sistema de vigilancia cerca al límite de dosis recomendados	2		X	
		3	Acumulado establecido por el sistema de vigilancia muy por encima de los límites de dosis recomendados	3			X
Subtotal					1	2	3
Condiciones de trabajo	Tipo de Servicio	1	Radioterapia con Teleterapia.	3			X
		2	Radioterapia con Braquiterapia.	3			X
		3	Procedimientos Médicos Especiales y de Medicina Nuclear	3			X
	Equipos existentes	4	Equipos generadores de radiaciones ionizantes con el cumplimiento de las normas vigentes	1	X		
		5	Equipos generadores de radiaciones ionizantes sin el cumplimiento de las normas vigentes	3			X
		6	Equipos portátiles de uso fluoroscópico	3			X
		7	Equipos portátiles de Rayos x	3			X
	Priorización del Panorama	1	Priorización ALTA del riesgo para intervención inmediata	3			X
		2	Priorización MEDIA del riesgo para intervención a mediano plazo	2		X	
		3	Priorización BAJA del riesgo para intervención a largo plazo	1	X		
	Monitoreo ambiental	1	Grado de Riesgo Alto ≥ 1	3			X
		2	Grado de Riesgo Medio 0.5 y 0.99	2		X	
		3	Grado de Riesgo Bajo entre 0.0 y 0.49	1	X		
Medidas de Control Existentes	1	Existencia de todos los controles necesarios en la fuente, medio e individuo	1	X			
	2	No existen todos los controles necesarios en la fuente, medio e individuo	3			X	
Subtotal					4	4	27
Calificación Total					5	12	36

5.4. PERIODICIDAD

La periodicidad de las condiciones diagnosticas establecidas para definir el evento a vigilar es la siguiente:

CONDICION	PRUEBA		CRITERIO DE APLICACION	PERIODICIDAD		
Condiciones de Salud	Examen Médico Ocupacional		Ingreso al SVE	Preempleo		
			Seguimiento del SVE	De acuerdo a registro dosimétrico y hallazgos clínicos	Anual	
			Retiro del SVE	Retiro Reubicación Reintegro		
	Hemoleucograma con sedimentación y extendido de sangre periférica	Recuento de eritrocitos Recuento de reticulocitos Recuento de leucocitos Recuento plaquetario Hemoglobina Hematocrito Volumen corpuscular medio Hemoglobina corpuscular media Concentración media de hemoglobina corpuscular.	Ingreso al SVE	Preempleo		
			Seguimiento del SVE	De acuerdo a registro dosimétrico y hallazgos clínicos	Anual Semestral Trimestral	
			Retiro del SVE	Retiro Reubicación Reintegro		
	Pruebas de función renal	Urea Nitrógeno uréico (BUN) Creatinina Pruebas de función hepática Bilirrubina total, directa e indirecta Fosfatasa alcalina	Ingreso al SVE	Preempleo		
			Seguimiento del SVE	De acuerdo a registro dosimétrico y hallazgos clínicos	Anual Semestral Trimestral	
			Retiro del SVE	Retiro Reubicación Reintegro		
	Pruebas de función tiroidea	T3 T4 y TSH	Ingreso al SVE	Preempleo		
			Seguimiento del SVE	De acuerdo a registro dosimétrico y hallazgos clínicos	Anual Semestral Trimestral	
			Retiro del SVE	Retiro Reubicación Reintegro		
	Pruebas especiales	En hombres el Espermograma y en mujeres la LH (hormona luteinizante) y la FSH (hormona foliculo estimulante). Punción de médula ósea cuando se estudie aplasia mieloide.	Criterio del Médico			

CONDICION	PRUEBA		PERIODICIDAD	
Condiciones de Trabajo	de Monitoreo ambiental	Características del equipo y/o material radiactivo.	Periódica	Anual
		Factores de operación y Uso del equipo y/o material radiactivo	Especial cuando:	En el momento que se requiera
		Filtración y sistemas de protección Fuente, Medio, Individuo	Renovación de equipos o, uso del material	
		Descripción y esquema del área	Traslado de equipos o de material	
		Carga de Trabajo	Reparación de equipos	
		Jornada de trabajo	Renovación de licencias de equipos y utilización del material	
	Personal Ocupacionalmente expuesto	Según resultados de dosimetría y hallazgos clínicos		
	Inspección de seguridad	Periódica	Semanal	
Registro dosimétrico	Registro individual	De lectura directa	Diario	
		De película o TLD	Mensual	

6. SUBSISTEMA DE INFORMACION

La estrategia de vigilancia para las radiaciones ionizantes, debe caracterizarse por la simplicidad en su operación, la búsqueda constante de la información básica requerida, la participación de la población objeto dentro del proceso (empleados y empleadores de los PSS con el factor de riesgo presente), la optimización de los recursos existentes, el monitoreo constante de los casos de acuerdo a su

clasificación (bajo, medio y alto), el análisis permanente de la situación de salud de los mismos y la orientación de acciones de control sobre el ambiente, los trabajadores y las fuentes de forma inmediata, a corto plazo y a mediano plazo, de acuerdo a los resultados mismos del sistema de vigilancia.

Por las características anteriores, es preciso puntualizar algunos aspectos relacionados con cada uno de los procesos de la vigilancia en salud ocupacional.

6.1. PROCESO PARA LA CONSIGNACIÓN DE DATOS

La información es la base de toda estrategia de vigilancia en salud ocupacional y, con el fin de captar de forma oportuna y tener un mejor conocimiento de la dinámica de la situación de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes, el dato primario para la vigilancia debe captarse lo más cerca de esta población, por esto la unidad básica de generación de datos es el servicio del PSS donde se presenta la exposición.

Por las características de formación de las personas que trabajan en la recolección de datos, el instrumento para tal propósito, debe capturar toda la información mínima necesaria sobre los trabajadores expuestos, diligenciarse fácilmente (prefiere señalar alternativas de respuesta y evitar la escritura de datos) y construirse haciendo uso de términos de fácil entendimiento para todas las personas.

Una vez se ha logrado la recolección de datos básicos, debe iniciarse el proceso de configuración del evento a vigilar. Esto hace referencia a la búsqueda de información adicional sobre la persona, la enfermedad o su entorno, que permitan clarificar en forma definitiva y clasificar el caso de acuerdo a las definiciones operativas establecidas por el sistema. Este proceso debe iniciarse el mismo día de vinculación laboral del individuo, anualmente y deberá reiniciarse en el momento de que ocurran cambios en la vinculación y/o exposición el traslado de área, reubicación o reintegro y culminarse al momento de retiro definitivo del trabajador.

6.1.1. INFORMACIÓN DEL PRESTADOR DE SERVICIOS DE SALUD

En primera instancia se toma la información general del trabajador para elaborar una ficha de inscripción al sistema de vigilancia (formato 001), ésta debe ser diligenciada conjuntamente con el trabajador. Esta ficha debe quedar registrada en la hoja de vida del trabajador.

La ficha de inscripción incluye todos los datos de identificación del trabajador, del PSS y los antecedentes ocupacionales relacionados con el riesgo especificando las dosis acumuladas con que ingresa al SVE y los factores de riesgos ocupacionales diferentes a radiación ionizante con los cuales ha tenido exposición.

Esta ficha de inscripción al sistema debe ser conocida y consignada por el empleador y el trabajador para posteriores estudios ocupacionales.

FORMATO 001 FICHA DE INGRESO AL SVE⁹

IDENTIFICACIÓN DEL PSS

Identificación del PSS (10 dígitos) Código del PSS 2100 (5 dígitos) Nro. Carné de Radioprotección
 Código de la ARP (6 dígitos) Nivel de Atención (1 dígito)
 Fecha Ingreso del trabajador Actualización

IDENTIFICACION DEL TRABAJADOR

Tipo de identificación (3 dígitos) Número de identificación del usuario en el sistema (15 dígitos)
 Cedula de ciudadanía
 Cédula Extranjería
 Pasaporte
 Registro civil
 Adulto sin identificación

Primer Apellido (20 dígitos) Segundo Apellido (20 dígitos) Primer nombre (15 dígitos) Segundo Nombre (15 dígitos)

Tipo de Usuario (1 dígito) Dependiente Independiente Edad (2 dígitos)
 Sexo (1 dígito) Masculino Femenino Indeterminado

Residencia habitual (15 dígitos) Departamento Municipio

Profesión Cargo

Antigüedad del cargo (meses) Antecedentes de exposición ocupacional a Radiación ionizante NO SI

Empresa	Periodo de trabajo	Fecha de retiro	Dosis acumuladas en la vida laboral anterior

Cargo anterior		Antigüedad en el cargo	
Cargo anterior		Antigüedad en el cargo	
Cargo anterior		Antigüedad en el cargo	

Antecedentes ocupacionales a otros factores de riesgo NO SI

Factor de riesgo	Tiempo de exposición

FIRMA EMPLEADOR

FIRMA TRABAJADOR

El sistema continúa con el formato 002 que corresponde a la historia clínica ocupacional. Esta permite recoger la información de las condiciones de salud del

trabajador. Se tomará como guía la Historia Clínica Ocupacional en la cual se busca identificar los efectos somáticos si se manifiestan en el individuo expuesto, hereditarios si se manifiestan en la descendencia del individuo expuesto. En cualquiera de estos casos, entre la exposición a las radiaciones ionizantes y la presencia de un efecto biológicamente apreciable, transcurre siempre un lapso de tiempo denominado periodo de latencia, que en algunos de los posibles efectos es relativamente corto, puede ser sumamente largo (años), y para los posibles efectos genéticos precisan muchas generaciones antes de su aparición⁶.

Es importante tener presente que la radiación recibida en forma aguda o crónica, ha mostrado aumentos notables de la incidencia de varias condiciones 5 a más de 20 años después de la exposición a ella. Ninguno de estos efectos *son únicos* a la exposición de la radiación, ellos ocurren en la población general, pero se aumenta la frecuencia en poblaciones irradiadas.

De acuerdo a la dosis – efecto, los efectos se clasifican en *deterministas* y *estocásticos*⁷:

Los deterministas se clasifican por una relación de causalidad entre la dosis y el efecto, es decir, que se manifiestan cuando la dosis sobrepasan un cierto umbral y es improbable que aparezca por debajo de éste. La gravedad del efecto depende proporcionalmente de la dosis: cuanto más alta es ésta, más grave es el efecto. Además éstos efectos se caracterizan por la existencia de una dosis umbral, por la posibilidad de reparación, al menos parcial, del efecto producido por una determinada dosis, de tal manera que en irradiación fraccionada se toleran dosis totales más elevadas que en irradiación única. Pertenece a éste grupo la mayoría de los efectos somáticos precoces (eritema, depilación) y algunos tardíos (trombocitopenia o anemia.)

Los efectos estocásticos se presentan en forma aleatoria, su manifestación obedece a una relación dosis – efecto de naturaleza probabilística, es decir, que aparecen solamente en algunos individuos. La probabilidad del efecto depende de la dosis: cuánto más alta es ésta, más probable es el efecto. Estos efectos se originan a partir de una sola célula, la frecuencia varía con la dosis y no tiene umbrales. A pesar de la lesión producida por la radiación, la célula puede conservar su capacidad reproductiva generando un clon de células que eventualmente produzcan cáncer, o en el caso de las células germinales, portar

información genética incorrecta que se transmite a la descendencia. Los efectos estocásticos son siempre diferidos, es decir que se precisa de tiempo para que aparezcan los efectos genéticos. Pertenecen a este grupo los efectos somáticos diferidos y los efectos genéticos.

Este formato es diligenciado por la IPS o profesional responsable de realizar el Examen médico ocupacional de ingreso y remitido a la EPS cuando se va a estudiar la presencia de hallazgos clínicos relacionados con el factor de riesgo por posible EP. Igualmente se remite el concepto de la investigación a la ARP. Para dicha investigación de EP se deberá seguir el Protocolo para la EP en Colombia, establecido por el Ministerio de Trabajo y el Ministerio de Salud.

FORMATO 002 HISTORIA CLINICA OCUPACIONAL

IDENTIFICACIÓN DEL PSS

Identificación del PSS (10 dígitos): Código del PSS 2100 (5 dígitos)
 Código de la ARP (6 dígitos) Nivel de Atención(1 dígito) Fecha

IDENTIFICACION DEL TRABAJADOR

Tipo de identificación (3 dígitos) Número de identificación del usuario en el sistema (15 dígitos)

Cédula Ciudadanía
 Cédula Extranjería
 Pasaporte
 Registro Civil
 Adulto Sin Identificación

Primer Apellido (20 dígitos) Segundo Apellido (20 dígitos) Primer nombre (15 dígitos) Segundo Nombre (15 dígitos)

Tipo de Usuario (1 dígito) Dependiente Independiente Edad (3 dígitos) Sexo (1 dígito) Masculino Femenino Indeterminado

Residencia habitual (5 dígitos) Departamento Municipio

Profesión Cargo

Antigüedad del cargo (meses)

ANTECEDENTES CLINICOS		SI	NO	Especifique
Piel	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Abdomen	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Tórax	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Cabeza	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Renal	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Tiroides	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Pulmonar	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Gónadas	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Otro	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

MONITOREO BIOLÓGICO DE APOYO REALIZADOS

Pruebas diagnósticas de apoyo	Examen médico ocupacional	SI	NO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estudio Hematológico	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dosimetría Citogenética	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Método de micronúcleos	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otras pruebas	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

HALLAZGOS CLINICOS

EFECTOS SOMATICOS CRÓNICOS LOCALIZADOS

Piel	Alteración de las huellas digitales	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Desaparición de las huellas digitales	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Desaparición de los vellos en las manos (temporal)	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Depilación definitiva	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Uñas quebradizas y acanaladas o agrietadas.	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Radiodermatitis crónica	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>

Parestesias	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Trastornos de la sensibilidad	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Dolor	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Prurito	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Resequedad en la piel	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Desaparición de las líneas en las palmas de las manos y superficie de las falanges distales	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Distrofia moderada de las uñas de los dedos	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Grietas dolorosas en la piel	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Hiperqueratosis focal	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Hiperemia congestiva	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>

Abdomen

Alteración de la motilidad intestinal	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Disminución o ausencia de secreción de los jugos gástricos	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Úlceras	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Sobré infección de úlceras	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Trastornos sépticos graves	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Daño grave del intestino delgado	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>

Gónadas

Disminución de espermatogonio (blastocitos espermatógenos)	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Afecta la capacidad de los espermátidos y reduce las espermátides	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Lesión de los espermátides y disminución de espermatozoos	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Ovarios: menopausia con cesación de fertilidad (mujeres de 40 años)	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Amenorrea temporal (mujer menor de 20 años)	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>

Cabeza

Cataratas en el cristalino	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Opacidad del cristalino	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Disminución de la función hipofisaria	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Lesión del SNC	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>

Pulmonar	Neumonitis por radiación	Disnea	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
		Tos	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
		Sobreinfecciones de bronquiectasias	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
		Fibrosis pulmonar	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
		Opacidades	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Hallazgos de placas de Rayos X	Consolidaciones discretas	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
		Retracciones	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
		Bandas de fibrosis	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
		Infiltrados parenquimatosos	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
		Disminución de la capacidad pulmonar	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Cardiaco	Disfunción ventricular derecha	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
	Pericarditis oculta	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
	Disfunción valvular	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
	Arritmias EKG	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
	Trastornos de la conducción EKG	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
Renal	Trastornos funcionales	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
	Nefrosclerosis	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
	Engrosamiento de arteriolas	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
	Hipertensión	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
	Insuficiencia renal	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
Tiroides	Enfermedad nodular	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	
	Hipotiroidismo franco o subclínico	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	

EFEITOS SOMATICOS AGUDOS LOCALIZADOS

Cuerpo entero

Síndrome cerebral	Cefalea	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Fiebre	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Hipotensión	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Náuseas	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Vómito y diarrea	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Muerte de células y tejidos expuestos	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Síndrome intestinal	Perdida de apetito	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Náuseas	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Vómito y diarrea	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Muerte			SI	<input type="checkbox"/>
Síndrome de médula ósea	Linfopenia	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Neutropenia	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Granulocitopenia	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
	Muerte			SI	<input type="checkbox"/>

EFFECTOS ESTOCASTICOS (Probabilísticas)

Carcinogénesis

Cáncer óseo	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Cáncer de tiroides	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Neoplasias				
Retinoblastoma	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Tumores óseos	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Tumores de tiroides	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Tumores pulmonares	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
Leucemia	NO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>

IMPRESIONES DIAGNOSTICAS

Código CIE11

1 _____
2 _____
3 _____
4 _____
5 _____

Exámenes de Laboratorio que se requieren:

1 _____
2 _____
3 _____

Sospecha Enfermedad profesional

No Si Cual _____

Inicia protocolo para diagnóstico de EP

No Si

Fecha Próxima consulta

Documentos que se requieren para próxima consulta:

Firma Médico Especialista

Registro Médico

Licencia Salud ocupacional

Una vez se ha concluido los antecedentes ocupacionales y clínicos relacionados con exposición al factor de radiaciones ionizantes se procede a clasificar al trabajador en el sistema de vigilancia, (formato 003) el cual es diligenciado por el PSS o empleador en el momento del ingreso o cuando se realiza alguna modificación: rotación, traslado o reubicación en el trabajador.

En este formulario se consolidan todas las variables dadas en las definiciones operativas:

- Hallazgos clínicos y antecedentes ocupacionales al factor de riesgo
- Acumulado de los Registros dosimétricos
- Tipo de servicio ofrecido por el PSS
- Clase de equipos existentes y material radiactivo empleado
- Calificación del panorama de condiciones de trabajo
- Resultados de los monitoreos ambientales de control
- Cumplimiento de los requisitos mínimos.

FORMATO 003 CALIFICACION POR TRABAJADOR

IDENTIFICACION DEL TRABAJADOR

Tipo de identificación (3 dígitos) Número de identificación del usuario en el sistema (15 dígitos)

Primer Apellido (20 dígitos) Segundo Apellido (20 dígitos) Primer nombre (15 dígitos) Segundo Nombre (15 dígitos)

Tipo de Usuario (1 dígito) Dependiente Independiente Edad (2 dígitos) Sexo (1 dígito)

Profesión Cargo

CONDICION	VARIABLE	CRITERIO	CALIFICACION
Diagnostico de Salud	Antecedentes	1 Sin antecedentes ocupacionales relacionados con el riesgo	0
		2 Con antecedentes ocupacionales relacionados con el riesgo	3
	Hallazgos	3 Sin Hallazgos clínicos relacionados con la exposición	0
		4 Con Hallazgos clínicos relacionados con la exposición	3
Subtotal			
Registro Dosimétrico	Acumulado	1 Acumulado establecido por el sistema de vigilancia por debajo de los límites de dosis recomendados	1
		2 Acumulado establecido por el sistema de vigilancia cerca al límite de dosis recomendados	2
		3 Acumulado establecido por el sistema de vigilancia muy por encima de los límites de dosis recomendados	3
Subtotal			
Condiciones de trabajo	Tipo de Servicio	1 Radioterapia con Teleterapia.	3
		2 Radioterapia con Braquiterapia.	3
		3 Procedimientos Médicos Especiales y de Medicina Nuclear	3
	Equipos existentes	4 Equipos generadores de radiaciones ionizantes con el cumplimiento de las normas vigentes	1
		5 Equipos generadores de radiaciones ionizantes sin el cumplimiento de las normas vigentes	3
		6 Equipos portátiles de uso fluoroscópico	3
		7 Equipos portátiles de Rayos x	3
	Priorización del Panorama	1 Priorización ALTA del riesgo para intervención inmediata	3
		2 Priorización MEDIA del riesgo para intervención a mediano plazo	2
		3 Priorización BAJA del riesgo para intervención a largo plazo	1
	Monitoreo ambiental	1 Grado de Riesgo Alto ≥ 1	3
		2 Grado de Riesgo Medio 0.5 y 0.99	2
		3 Grado de Riesgo Bajo entre 0.0 y 0.49	1
Medidas de Control Existentes	1 Existencia de todos los controles necesarios en la fuente, medio e individuo	1	
	2 No existen todos los controles necesarios en la fuente, medio e individuo	3	
Subtotal			
Calificación Total			

Una vez el PSS tiene a todos sus trabajadores ocupacionalmente expuestos de acuerdo a las definiciones operativas en riesgo BAJO, riesgo MEDIO o riesgo ALTO, son consolidado en el Formato 004, el cual es remitido a la Administradora de riesgos profesionales para conocimiento de la clase de trabajadores ocupacionalmente expuesto.

Dicho formato será una guía para las actividades de apoyo a seguir por parte de la Administradora de Riesgos Profesionales, y del PSS de acuerdo a la clase de trabajadores ocupacionalmente expuesto y según la clasificación en riesgo Alto, Medio o Bajo.

Este formato será actualizado anualmente, o en el momento que exista rotación del personal.

FORMULARIO 004. CONSOLIDADO DE LA POBLACION AL F.R.

IDENTIFICACIÓN DEL PSS				
Identificación del PSS (10 dígitos):	<input type="text"/>	Código del PSS 2100 (5 dígitos)	<input type="text"/>	
Código de la ARP (6 dígitos)	<input type="text"/>	Nivel de Atención(1 dígito)	<input type="text"/>	Fecha <input type="text"/>
AREA	PROFESIONAL O CARGO	CLASIFICACION		
		BAJO	MEDIO	ALTO
Depto de radiología médica	Médicos radiólogos			
	Auxiliares			
	Tecnólogos			
	Técnicos			
	Camilleros			
	Enfermera			
Depto de radiología oral	Odontólogos			
	Auxiliares			
	Otros (especifique)			
Medicina Nuclear	Bacteriólogas			
	Enfermeras			
	Médicos			
	Auxiliares			
	Tecnólogos			
	Camilleros			
Especialidades médicas (especifique cuáles)	Otros (especifique)			
TOTAL POBLACIÓN EXPUESTA				

Firma Empleador _____

Firma ARP _____

El sistema continúa con el Formato 005, en el cual se registra la dosis mensual de exposición ocupacional, por lo tanto es individual, intransferible, institucional y de conocimiento mensual para el trabajador.

El objetivo fundamental del control de dosis de radiación, es tener el formato adecuado que permita evaluar la clasificación radiológica del individuo en condiciones normales de trabajo y en condiciones de emergencia, teniendo en cuenta su exposición total a radiación externa e interna.

La dosimetría personal permite determinar las dosis recibidas por los individuos en el lugar de trabajo, información que se consolida en registros o reportes individuales. Sin embargo es importante tener presente que no existe ninguna línea divisoria clara entre los que trabajan en estrecho contacto con las fuentes de radiación y aquellos otros que están sujetos a exposiciones de forma casual, sea porque rara vez se encuentran en los lugares pertinentes, están lejos o reciben sólo dosis insignificantes. Para evitar el despilfarro de los recursos en la vigilancia dosimétrica y registro de datos, se debe identificar aquellos grupos de trabajadores para los que es necesaria la vigilancia dosimétrica individual, responsabilidad del empleador para esta asignación⁴.

La decisión de proporcionar vigilancia dosimétrica individual deberá ser tomada por el responsable de las operaciones (empleador), pero sujeta a la revisión por la autoridad reguladora (Direcciones departamentales o distritales de salud, Ministerio de Minas y energía e INGEOMINAS, Administradoras de Riesgos Profesionales, Empresa Promotora de Salud.)

Se debe tener presente tres factores técnicos en el análisis de los datos suministrados por el programa de dosimetría: *Las variaciones probables de las dosis e incorporaciones y la complejidad de los procedimientos de medida e intervención* que componen el programa de dosimetría⁴.

Como norma general y sujeto a los requisitos reguladores, se deberá retener los registros con los resultados de las evaluaciones de dosis individuales durante un periodo comparable con la vida esperada del individuo; los que contengan información adicional utilizada para la interpretación de los resultados de la

vigilancia dosimétrica, por ejemplo los resultados de la vigilancia del lugar deberán retenerse durante un periodo suficiente, unos pocos años, como para asegurar que estén disponibles para cualquier posible reevaluación de la interpretación que pudiera hacer falta. Los detalles y la retención de los registros del personal deben estar acordes con la práctica normal del trabajador. Los registros de exposición de cada trabajador se deberán conservar durante la vida laboral del mismo y posteriormente, como mínimo hasta que el trabajador alcance o hubiera alcanzado la edad de 75 años, y durante 30 años, por lo menos después de terminado el trabajo que implica la exposición ocupacional⁴.

Los registros de las dosimetrías deberán ser facilitados a toda entidad del sistema de vigilancia, que requiera conocer las dosis recibidas por el trabajador en exposiciones anteriores, con el fin de actualizar la historia ocupacional o para la investigación de EP o AT.

FORMULARIO 005 INFORME MENSUAL DE DOSIMETRIA PSS

IDENTIFICACIÓN DEL PSS

Identificación del PSS (10 dígitos): Código del PSS 2100 (5 dígitos)
Código de la ARP (6 dígitos) Nivel de Atención(1 dígito)

IDENTIFICACION DEL TRABAJADOR

Tipo de identificación (3 dígitos) Número de identificación del usuario en el sistema (15 dígitos)
CC

Primer Apellido (20 dígitos) Segundo Apellido (20 dígitos) Primer nombre (15 dígitos) Segundo Nombre

Tipo de Usuario (1 dígito) Dependiente Edad (3 dígitos)
Independiente Sexo (1 dígito) Masculino
Femenino
Indeterminado

Residencia habitual (5 dígitos) Departamento Municipio

Profesión Cargo

Antigüedad del cargo (meses)

Código del usuario	Nombre del usuario	Dosis del periodo	Dosis total acumulada	Tipo de radiación

Firma Trabajador

Firma Empleador

Firma proveedor servicio

El control para radiación externa se ejerce mediante la utilización de dosímetros personales que llevarán los trabajadores.

Para el control de la radiación interna, en general, debe evitarse tomando medidas en la fuente, limitando la concentración de sustancias radiactivas en el ambiente (aire y alimentos ingeridos), y comprobando la eficacia de las medidas adoptadas, midiendo directamente la contaminación superficial o determinando la carga corporal de estas en el trabajador, teniendo en cuenta la concentración de estas en el aire y el tiempo de permanencia en las áreas donde estas sustancias se concentran.

La situación más frecuente en las aplicaciones de las radiaciones ionizantes en los servicios de salud, es la radiación proveniente del uso de las fuentes radiactivas (abiertas o selladas) y equipos emisores de radiaciones ionizantes, en cuyo caso deben tomarse en cuenta las recomendaciones citadas en las **Normas Básicas Internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de fuentes de radiación. C.S. N. 155**, que recomienda que la exposición ocupacional de todo trabajador deberá controlarse de forma que no se rebasen límites:

- ☒ Una dosis efectiva de 20 mSv por año como promedio en un periodo de cinco años consecutivos
- ☒ Una dosis efectiva de 50 mv en cualquier año
- ☒ Una dosis equivalente al cristalino de 150 mSv en un año
- ☒ Una dosis equivalente a las extremidades (manos y pies) o, a la piel (se refiere a la dosis en 1 cm² del área cutánea más intensamente irradiada) de 500 mSv en un año⁴.

Se entiende que el límite de dosis efectiva 50 mSv en un único año y 100 mSv en cinco años consecutivos (20 mSv como promedio anual en cinco años), es suficientemente restrictivo y para la mayor parte de situaciones, cubre los límites de dosis equivalente recomendado para el cristalino del ojo (150 mSv por año) y el de extremidades, manos y pies (500 mSv por año).

Los servicios de dosimetría presentan mensualmente a los PSS un informe con las dosis individuales de los trabajadores inscritos al programa de Dosimetría personal, utilizando el Formato 005. estos reportes deben ser objeto de análisis, con el fin de

evaluar permanentemente las condiciones individuales de cada trabajador ocupacionalmente expuesto y tomar decisiones en cuanto a las acciones que reduzcan las dosis futuras.

A continuación se presenta las características de la instrumentación utilizada en el monitoreo de la radiación⁸:

Tipo de instrumento	Radiación medida	Rango típico de medición	Uso principal	Ventajas	Observaciones
Dosímetros personales	Equis, Gamma	0-2 mSv 0-200 mrem 0-5 rem	Monitoreo personal	Bajo costo Tamaño pequeño y cómodo Ayuda al control de las exposiciones en tiempo real	Solamente proporciona medidas de dosis integradas
Dosímetros de película o TLD	Beta, Equis y Gamma	0.1 mSv o más 10 mrem o más	Monitoreo personal	Bajo costo Proporciona registro permanente	Solo puede ser leído en el laboratorio
Dosímetros con alarma	Equis y Gamma	0-500 mrem/h	Supervisión general	Bajo costo Posee señal audible de la intensidad del campo	Inexacto Buen instrumento cuando la exactitud no es esencial
Contadores Geiger-Muller	Beta, Equis y Gamma	1-1000 mSv/h 0.1-100 rem/h 500-100.000 cpm	Medición de campos de radiación	Respuesta rápida	Fuente dependencia con la energía. Sensible a las microondas
Contadores de Centelleo	Beta, Equis y Gamma	0.1-200 mSv/h 0.01-20 rem/h 50-250.000 cpm	Especialmente utilizados para medir contaminación de baja energía	Respuesta rápida Alta sensibilidad	Frágil Costoso
Cámaras de Ionización	Beta, Equis y Gamma	0.03-5 Sv/h 3-500 rem/h	Supervisión general	Baja dependencia con la energía	Respuesta lenta Baja sensibilidad Costoso
Contador proporcional a gas	Alfa	100-500.000 cpm	Monitoreo de la contaminación Alfa-Beta	Eficiente	Muy delicado
Equipos de montaje de laboratorio			Medición de muestras tomadas en el área contaminada para determinar contaminación		Muy preciso No miden en tiempo real
Muestreadores de aire			Monitoreo de contaminación del aire		Para utilizar con uno de los instrumentos adecuados mencionados anteriormente

Instrumentos y equipos empleados en caso de emergencia⁸:

Pérdida o Robo de fuente o material		Fuente atascada o expuesta	Contaminación
Instrumentos	Campos normales de radiación gamma o neutrones (Geiger- Muller, Cámara de Ionización , Contador rem)	Detectores gamma de alto nivel (Geiger Muller)	Sensibilidad adecuada para el monitoreo de material radiactivo específico
	Sensible a Beta, monitor para contaminación gamma. Ej: Detectores de ventana (para fuentes abiertas)		
	Monitores de contaminación sensibles a radiación alfa, Ej: contadores proporcionales y de centelleo (para fuentes abiertas)		
Dosímetros personales película o TLD	Dosímetros de película o TLD	Dosímetros de película o TLD	
	Rango normal de medición	Rango de medición alto	
	Dosímetros de lectura directa	Dosímetros de lectura directa	
	Dosímetros de carga	Dosímetros de carga	
Ropa anticontaminación	Para materiales no encapsulados, si se encuentra o se sospecha contaminación Puede ser aplicable columnas de contaminación	Dosímetros con alarma	Cubretodo, guantes, cubre zapatos Respirador apropiado
Accesorios	Baterías, fuentes de chequeo, bolsas plásticas, contenedores blindados, cinta de enmascarar, papel de filtro para frotis, contenedores para desechos, pinzas a control remoto, señales y etiquetas de advertencia, pintura de color en aerosol, estacas y cuerdas.	Baterías, fuentes de chequeo, contenedores blindados, ladrillos de plomo, pinzas a control remoto, cuerdas y soportes, señales y etiquetas de advertencia	Baterías, fuentes de chequeo, bolsas plásticas, bayetilla, soluciones descontaminantes, cinta de enmascarar, filtro de papel para frotis, filtros para mascarar, contenedores para desechos , señales y etiquetas de advertencia, pintura de color en aerosol, pliegos de polietileno.

Como resultado del análisis y evaluación de la información de los reportes de dosis mensuales, debe generar con destino a la Administradora de Riesgos Profesionales un registro consolidando la siguiente correspondiente a las dosis acumuladas, de todos los trabajadores (formulario 006), las medidas de control existentes de acuerdo a la clase de equipos emisores de radiación o la utilización de fuentes abiertas o cerradas, según los servicios ofrecidos por el PSS.

De esta manera el PSS puede manifestar las necesidades de apoyo que la administradora de riesgos le puede brindar para continuar con las medidas de control en capacitación y asesoría técnica del factor de riesgo.

FORMULARIO 006 INFORME DEL REGISTRO DE DOSIS PARA ARP

IDENTIFICACIÓN DEL PSS

Identificación del PSS (10 dígitos): Código del PSS 2100 (5 dígitos):

Código de la ARP (6 dígitos) Nivel de Atención(1 dígito):

Fecha informe:

Número de trabajadores ocupacionalmente expuestos:

FUENTES DE EXPOSICION

Equipos emisores de radiación ionizante: NO SI Cuales :

Fecha y Número de licencia de los equipos:

Carga de trabajo de los equipos:

Grado de riesgo:

Material radiactivo: NO SI Cuáles:

Fecha y Número de licencia de los materiales:

Carga de trabajo de los materiales:

Grado de riesgo:

Fecha de inicio de los programas de control de dosis:

Nombre usuario	C.C	profesión	Dosis anual	Dosis total acumulada	Clasificación en el SVE

Trabajadores capacitados en radioprotección:

Vigencia de los carné de Radioprotección:

Medidas de control existentes	Necesidades de apoyo por la ARP

El sistema de información continua con el Formato 007 en el cual se integra la información de entidades reguladoras del factor de riesgo: Secretarías Departamentales de Salud e INGEOMINAS, integrando de esta manera al sistema el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Salud, a través de las personas naturales y jurídicas que ofrecen los servicios de Radiofísica sanitaria y de dosimetría, licenciados por el Ministerio de Salud a nivel nacional, con licencia del Ministerio de Minas y energía o de acuerdo a la legislación de INGEOMINAS para la manipulación de material radiactivo.

La información consolidada en este Formato será solicitada por la Administradora de Riesgos Profesionales ARP, o por la Empresa Promotora de Servicios de Salud EPS, cuando la investigación de un AT o EP lo requiera.

FORMULARIO 007A LICENCIAMIENTO DE SERVICIOS SECRETARIAS DEPARTAMENTALES DE SALUD

SECRETARIA DE SALUD :

Departamento
Fecha informe:

Instituciones con equipos de radiaciones ionizantes:

Localidad	Razón social	Marca	Modelo	Serie	Max. Kv	Max. mA	Uso	Clase	Número resolución	Fecha de expedición

Profesionales de la salud con carné de protección radiológica:

Localidad	Profesión	Sexo

FORMULARIO 007B LICENCIAMIENTO DE MANEJO DE MATERIAL RADIATIVO

INGEOMINAS :

Departamento

Fecha informe:

Instituciones con manejo de material radiactivo:

Departamento	Razón social	Descripción de la Manipulación de material radiactivo							Número resolución	Fecha de expedición
		Fuentes sellada								
		Serie	Modelo	Radionúclido	Actividad inicial	Equipos asociado	Forma física	Procedencia proveedor		

Departamento	Razón social	Descripción de la Manipulación de material radiactivo							Número resolución	Fecha de expedición
		Fuentes abiertas								
		Radionúclido	Actividad total	No. de fuentes	Forma física	Recipiente contacto	Recipiente de blindaje	Procedencia proveedor		

Uso del material radiactivo

Práctica	Médica			
	Diagnóstico in vitro	In vivo	Terapia	Radio Inmune análisis

Profesionales de la salud con carnet de protección radiológica:

Departamento	profesión	Sexo

Los estudios de Radiofísica deben especificar la siguiente información, cumpliendo con los siguientes requisitos de acuerdo a la clase de equipo emisor de radiación ionizante o de acuerdo al material radiactivo:

- *Para equipos emisores de radiaciones ionizantes de uso odontológico:* Área o sección, descripción del equipo, descripción de la sala o instalación, carga de trabajo, tipo de monitoreo individual y empresa que lo presta, controles existentes en fuente, medio e individuo; licencia de los equipos, personal expuesto y documentación de la idoneidad, descripción del tipo de revelado y los resultados de las mediciones ambientales.
- *Para equipos emisores de radiaciones ionizantes de uso médico:* Área o sección, descripción del equipo (kilovoltaje, miliamperaje y tiempo), descripción de la sala o instalación, límites de la sala y barreras de protección entre vecinos (materiales y espesor); carga de trabajo, tipo de monitoreo individual y empresa que lo presta, controles existentes en fuente, medio e individuo; licencia de los equipos, personal expuesto y documentación de la idoneidad, descripción del tipo de revelado y los resultados de las mediciones ambientales.
- *Servicios con utilización de fuentes selladas (cerradas):* Área o sección, descripción del equipo (marca, serie, modelo), descripción de la instalación (local), límites de la sala y barreras de protección entre vecinos (materiales y espesor); utilización de elementos de protección radiológica, normas y procedimientos, resultados de las pruebas de integridad física de la fuente, personal expuesto e idoneidad, registro de accidentes o incidentes, actividad y tipo de radioisótopos, número y estado físico del radioisótopo, convenio para el retorno de la fuente al proveedor cuando está se encuentre en desuso, existencia del equipo de medida de las radiaciones o monitores de radiación.
- *Servicios con utilización de fuentes abiertas:* Área o sección, descripción de la instalación (local), límites de la sala y barreras de protección entre vecinos (materiales y espesor); controles en la fuente, medio e individuo existentes, normas y procedimientos, descripción del material radiactivo (radioisótopos, periodo físico, número de generadores y actividad de cada generador), presentación del material radiactivo (encapsulado o en solución), descripción de cuarto caliente (muro, material, espesor y alrededores, superficies) forma

de desplazamiento, almacenamiento y disposición de los materiales y de los desechos, existencia de monitores de radiación.

La información que se consolida en el Formato 007A, y 007B se retoma de los estudios de Radiofísica Sanitaria elaborados por un inspector o personal calificado en protección radiológica (Radiofísico) quien debe operar monitores de radiación ionizante e interpretar sus mediciones determinando los grados de riesgo al que están expuestos los trabajadores. Los Radiofísicos Sanitarios deben tener licencia del Ministerio de Salud con cubrimiento a nivel nacional.

El debe destinar los recursos necesarios para el estudio de radiofísica, en caso de no tener recursos propios, podrá contratarlo externamente o apoyarse en la asistencia de la Administradora de Riesgos a la cual se encuentra afiliada.

El sistema de información consolida la información en el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social mediante los siguientes indicadores dados por:

1. Las ARP. Formato 008A
2. Las EPS. Formato 008B

FORMULARIO 008A INFORMACION PARA MINTRABAJO

Nombre ARP:

Código ARP:

Fecha informe:

Información población expuesta a nivel nacional:

Nombre PSS	Código	Departamento	Población expuesta			Programa de dosimetría	
			Bajo	medio	Alto	Fecha inicio programa	Dosis anuales acumuladas con sobreexposición

Información equipos emisores de radiaciones ionizantes a nivel nacional:

Nombre PSS	Código	Departamento	Clase de equipo	
			Médico	Odontológico

Nombre PSS	Código	Departamento	Material Radiactivo	
			Fuentes Abiertas	Fuentes selladas

Información sobre actividades desarrolladas por la ARP en los PSS

Departamento	Tipo de asistencia					
	Capacitación	Asesoría técnica	Seguimiento epidemiológico	Casos investigados por EP	Casos investigados por AT	Otro (especifique)

Monto de cotización de pensión especial (6 puntos adicionales)

Nombre PSS	Código	Departamento	Cumple con el monto	
			Si	No

FORMULARIO 008B INFORMACION PARA MINTRABAJO
Nombre EPS:
Código EPS:
Fecha informe:

Casos investigados por EP:				Casos investigados por AT:			
Nombre PSS	Código	Departamento	Impresión Diagnóstica	Nombre PSS	Código	Departamento	Tipo accidente de

7. EL ANÁLISIS DE DATOS

Otro proceso propio de la vigilancia y que le da sentido al esfuerzo de recolección de la información es el análisis; este debe realizarse mensualmente con un nivel descriptivo y de él se desprenden otras propuesta de exploración de los datos, que proporcionen información útil para la toma de decisiones.

En el ámbito del PSS, el análisis se fundamenta en el monitoreo de la frecuencia de los trabajadores que se encuentran clasificados en cada una de las categorías bajo vigilancia.

En el ámbito de la ARP, la información remitida desde los PSS debe ser rápidamente explorada y analizada mensualmente, es preciso establecer si los hallazgos corresponden con los escenarios epidemiológicos contruidos a partir de la información reportada a las ARP y a las Direcciones Departamentales y Distritales de Salud; resulta muy útil el seguimiento a la referencia geográfica de los casos, para detectar posibles agrupamientos que puedan ser de interés para análisis más detallados y su futura intervención. Con el propósito de lograr un mejor manejo de los datos, es preciso que por municipio se encuentren a disposición los datos de las poblaciones de referencia de los casos (total de

trabajadores expuestos), es decir los denominadores para las tasas de que se calculen. Este análisis de frecuencias permite además de detectar situaciones irregulares, monitorear el impacto de las acciones preventivas o de control implementadas por el equipo del PSS, y de la ARP. El mismo análisis deberá realizarse por departamento, en este proceso, además de caracterizar con mayor detalle la frecuencia de los eventos, su distribución en la población de referencia (para lo cual se debe disponer de los datos poblacionales como denominadores) y su comportamiento en tiempo y lugar (se debe incluir análisis por municipios y regiones); es preciso definir, cuando sea necesario, propuestas de análisis más complejos que permitan esclarecer la ocurrencia de hechos no comprensibles con la información disponible.

En el nivel nacional, esta unidad deberá notificar de forma anual la distribución de la clasificación de los trabajadores expuestos al Ministerio de Trabajo, actualizando la base de datos existente.

Es útil la revisión permanente de la operación de la estrategia de vigilancia, para lograr adoptar correctivos oportunos que optimicen el funcionamiento de la estrategia en la población expuesta, por ello es necesario establecer y conformar la Unidad de Análisis para la vigilancia de las exposiciones a las radiaciones ionizantes, esta deberá estar instituida en todos los Prestadores de Servicios de Salud con todos sus trabajadores expuestos al factor de riesgo, en todas las ARP y en el Ministerio de Trabajo, sus integrantes se deberán reunir como mínimo cada semestre o de manera extraordinaria cuando la información presente cambios inusitados en el comportamiento habitual del evento.

7.1. Indicadores del Prestador de Servicios de Salud :

Es pertinente realizar un análisis anual de la morbilidad ocupacional y de los accidentes de trabajo ocurridos en los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes, para lo cual se proponen los siguientes indicadores:

Proporción De Enfermedad Profesional

Es el porcentaje de enfermedades profesional relacionada con el riesgo, registrados durante el año y el total de enfermedades profesionales diagnosticadas en el mismo periodo en la población trabajadora del prestador de servicio de salud.

El resultado se interpretará como el número de enfermedad profesional relacionados con el riesgo, identificadas durante el último año por cada 100 trabajadores del .

$$\text{P EP} \quad \frac{\text{Número total de EP relacionados con el riesgo}}{\text{Número total de EP en todos los trabajadores}} \times 100$$

Tasa De Incidencia De Enfermedad Profesional

Es el número de casos de enfermedad profesional (nuevos) identificados en una población en el último año por cada 1000 trabajadores.

$$\text{T.I.E.P.} \quad \frac{\text{Número de casos nuevos de E.P. relacionados con el riesgo identificados en el último año}}{\text{Número total de trabajadores en el último año}} \times 1000$$

Tasa De Prevalencia De Enfermedad Profesional

Es el número de casos de enfermedad profesional (nuevos y antiguos) identificados en la población expuesta en un período determinado.

$$\text{T.P.E.P.} \quad \frac{\text{Número de casos nuevos y antiguos de E.P. identificados en un periodo}}{\text{Número total de trabajadores en el mismo periodo}} \times 1000$$

También es necesario un análisis estadístico cada año de los resultados de dosimetría individual, determinando la proporción de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes con dosis en el límite y por encima de las recomendadas, para lo cual se proponen los siguientes indicadores:

Proporción de expuestos

$$\begin{array}{l}
 \text{P D (10 – 20 mSv)} \quad \text{Número de trabajadores con dosis en los límites} \\
 \text{recomendados en el año} \\
 \hline
 \text{Número total de dosimetrías individuales} \\
 \text{realizadas en el año}
 \end{array}
 \quad \times 1000$$

$$\begin{array}{l}
 \text{P D (Mayor de 20 mSv)} \quad \text{Número de trabajadores con dosis por encima} \\
 \text{de los límites recomendados en el año} \\
 \hline
 \text{Número total de dosimetrías individuales} \\
 \text{realizadas en el año}
 \end{array}
 \quad \times 1000$$

El Prestador de Servicios de Salud deberá determinar la proporción de trabajadores que se han capacitado anualmente en protección radiológica, cumpliendo con los requisitos de idoneidad de las personas.

Proporción de capacitados

$$\begin{array}{l}
 \text{PC} \quad \text{Número de trabajadores capacitados en radioprotección} \\
 \hline
 \text{Número total de trabajadores con exposición al riesgo}
 \end{array}
 \quad \times 100$$

7.2 EN LA ADMINISTRADORA DE RIESGOS PROFESIONALES

La Administradora de riesgos profesionales deberá reportarle al Ministerio de Trabajo y Seguridad Social la relación de los prestadores de servicios de salud afiliados por grado de complejidad, la relación de la población expuesta y el

consolidado de la clasificación de los trabajadores expuestos con el condensado de los criterios hallados en la clasificación operativa de Medio y Alto riesgo. El condensado de enfermedad profesional y accidente de trabajo relacionada con el riesgo; el reporte y la relación de las intervenciones o actividades de los programas de promoción y prevención específicos que ha desarrollado en los prestadores de servicios afiliados.

Para el análisis de la situación de salud de los trabajadores expuestos la ARP deberá determinar los mismos indicadores propuestos anteriormente consolidando la información de todos los prestadores de servicios de salud que tenga afiliados.

Además establecerá la cobertura del sistema de vigilancia epidemiológico de Radiaciones Ionizantes y de panoramas de riesgo donde se tiene identificado el riesgo de radiaciones ionizantes:

Monitoreo de la Operación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica

Porcentaje de Prestadores de Servicios de Salud en los que se lleva el sistema de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes

INDICADOR	Número de Prestadores de Servicios de Salud con el SVE operando	----- X 100
	Número total de prestadores de servicios de salud cotizantes	
PANORAMA	Número de panoramas realizados o actualizados	----- X 100
	Número de prestadores de servicios de salud cotizantes	

La administradora de riesgos profesionales deberá construir una base de datos con la siguiente información:

- Censo de los prestadores de servicios de salud con exposición a radiaciones ionizantes por nivel

- Servicios y áreas hospitalarias con exposición al riesgo
- Relación de equipos emisores de radiaciones y fuentes selladas y abiertas
- Número de trabajadores expuestos y relación de cargos en cada prestador de servicio de salud.
- Consolidado de las dosimetrías individuales con dosis en el límite y por encima de las recomendadas.
- Relación de las actividades de asistencia de promoción y prevención específicas para el riesgo, tales como: mediciones ambientales, apoyo en la operacionalización del sistema de vigilancia, apoyo en la actualización del panorama de riesgos, capacitación y educación continuada, estudios de control de calidad y las demás que consideró necesarias y pertinentes.

A partir de esta información la Administradora de Riesgos podrá construir los indicadores que le sean de utilidad.

7.3 MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL

Para el análisis de la situación epidemiológica el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social deberán construir los mismos indicadores de salud propuestos inicialmente en todos los Prestadores de Servicios de Salud cotizantes al Sistema General de Riesgos Profesionales.

Llevar una base de datos donde se consolide:

- Censo de los prestadores de servicios de salud con exposición a radiaciones ionizantes por nivel
- Servicios y áreas hospitalarias con exposición al riesgo
- Relación de equipos emisores de radiaciones y fuentes selladas y abiertas
- Número de trabajadores expuestos y relación de cargos en cada prestador de servicio de salud.
- Consolidado de las dosimetrías individuales con dosis entre 10 – 20 mSv y superiores a 20 mSv en cualquier periodo del año.

El análisis de esta información deberá compararse con los estándares internacionales para autoevaluar la gestión y las orientaciones de la acción de los

programas relacionados con el riesgo llevando a las medidas correctivas para mejoramiento del sistema.

8. LA ORIENTACIÓN DE LA ACCIÓN

Con base en la información construida y analizada dentro del proceso de vigilancia epidemiológica se deberán orientar las siguientes acciones de acuerdo a los niveles de responsabilidad:

8.1 Trabajador

Los trabajadores deberán observar todas las normas y reglamentaciones de los procedimientos aplicables de protección y seguridad, usar correctamente los dispositivos de vigilancia radiológica así como el equipo y la ropa de protección que se les haya suministrado, cooperar con el empleador, en todo lo que atañe a la protección y seguridad, así como a la ejecución de los programas de vigilancia radiológica, facilitar al empleador toda la información sobre sus actividades laborales pasadas y presentes que sea de interés para garantizar la protección y seguridad efectivas y completas de ellos mismos. Abstenerse de todo acto deliberado que pudiera originar, para ellos mismos o terceros, situaciones de infracción de las normas y reglamentaciones como aceptar toda la información, instrucción y capacitación en materia de protección y seguridad que les permita realizar su trabajo de acuerdo a las normas y reglamentaciones

Si un trabajador detecta circunstancia que pudieran tener efectos negativos para el cumplimiento de las normas y reglamentaciones deberá informar lo antes posible al empleador.

8.2. Empleador

Los empleadores de trabajadores dedicados a actividades que impliquen exposiciones normales o exposición potencial, son responsables de la protección de

los trabajadores contra la exposición ocupacional y del cumplimiento de las normas y reglamentaciones.

En el caso de todos los trabajadores dedicados a actividades que impliquen o pudieran implicar exposición ocupacional, los empleadores deberán cuidar o propender porque se limiten las exposiciones ocupacionales.

La exposición ocupacional de todo trabajador deberá controlarse de forma que no se rebasen los siguientes límites:

- Una dosis efectiva de 20 mSv por año como promedio en un periodo de cinco años consecutivos.
- Una dosis efectiva de 50 mSv en cualquier año
- Una dosis equivalente al cristalino de 150 mSv en un año
- Una dosis equivalente a las extremidades (manos y pies) o a la piel (se refiere a la dosis en 1 cm² del área cutánea más intensamente irradiada) de 500 mSv en un año.

El empleador debe garantizar que se registren las decisiones relativas a las medidas de protección y seguridad ocupacional y se pongan en conocimiento a los trabajadores, por medio de sus representantes o de los canales de información existente en la institución.

Debe establecer principios rectores, procedimientos y disposiciones organizativas de protección y seguridad para dar cumplimiento a las normas y reglamentaciones, dando prioridad a las medidas de diseño y de naturaleza técnica para controlar las exposiciones ocupacionales.

Facilitar los medios, equipos y servicios idóneos y suficientes de protección y seguridad, de tipo e importancia adecuados a la magnitud y probabilidad previstas de la exposición ocupacional.

Con respecto a la clase de los equipos existentes el empleador deberá garantizar las siguientes medidas de control **en primer lugar según la fuente:**

a) Con respecto al Tipo de instalación del equipo emisor de radiación ionizante:

▪ **Tac:** Es indispensable evaluar la carga de trabajo, revisar la existencia del certificado y mantenimiento del equipo, realizar el estudio de radiofísica, la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores y la existencia de la dosimetría; realizado por un radiofísica calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar a la administradora de riesgos profesionales a la cual se encuentra afiliado el los riesgos y las anomalía existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

▪ **Convencional con fluoroscopia El Cual Incluye Angiografía, Hemodinamia, Litotripcias Y Otros Estudios Especiales:** Es indispensable evaluar la carga de trabajo, revisar la existencia del certificado y mantenimiento del equipo, analizar el estudio de radiofísica, su control de calidad (cortinas plomadas, guantes, delantal plomado, intensificador de imágenes, cabina de protección, colimador en los convencionales y el Bucky cubierto en los de fluoroscopia), la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores y la existencia de la dosimetría; realizado por un radiofísica calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar a la administradora de riesgos profesionales a la cual se encuentra afiliado el Prestador de Servicios de Salud los riesgos y las anomalía existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

▪ **Unidad Convencional Fija:** Es indispensable evaluar la carga de trabajo, revisar la existencia del certificado y mantenimiento del equipo cabina de protección, analizar el estudio de radiofísica, la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores; realizado por un

radiofísica calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar a la administradora de riesgos profesionales a la cual se encuentra afiliado el Prestador de Servicios de Salud los riesgos y las anomalía existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

▪ **Unidades Móviles En Cuarto:** Es indispensable evaluar la carga de trabajo, revisar la existencia del certificado y mantenimiento del equipo, analizar el estudio de radiofísica , su control de calidad (colimador, cabina de protección o biombo plomado) , la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores y la existencia de la dosimetría; realizado por un radiofísica calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar a la administradora de riesgos profesionales a la cual se encuentra afiliado el Prestador de Servicios de Salud los riesgos y las anomalía existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

▪ **Unidades Portátiles Sin Cuarto:** Es indispensable evaluar la carga de trabajo, cable obturador largo, biombo, revisar la existencia del certificado y mantenimiento del equipo, analizar el estudio de radiofísica , su control de calidad (colimador, delantal plomado) , la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores y la existencia de la dosimetría; realizado por un radiofísica calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar a la administradora de riesgos profesionales a la cual se encuentra afiliado el Prestador se Servicios de Salud, los riesgos y las anomalía existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

- **Unidad De Mamografía:** Es indispensable evaluar la carga de trabajo, biombo plomado, filtración especial, revisar la existencia del certificado y hoja de vida del mantenimiento del equipo, realizar el estudio de radiofísica , su control de calidad , la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores y la existencia de la dosimetría; realizado por un radiofísica calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar a la administradora de riesgos profesionales a la cual se encuentra afiliado el Prestador de Servicios de Salud los riesgos y las anomalía existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

- **Densitometria:** Es indispensable evaluar la carga de trabajo, situación de la mesa de control, filtración, revisar la existencia del certificado y mantenimiento del equipo, realizar el estudio de radiofísica , su control de calidad, la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores; realizado por un radiofísica calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar ala administradora de riesgos profesionales a la cual se encuentra afiliado el Prestador de Servicios de Salud, los riesgos y las anomalía existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

- **Odontología Periapical Con Cuarto:** Es indispensable evaluar la carga de trabajo, situación del obturador, , cono, colimación, revisar la existencia del certificado y mantenimiento del equipo, realizar el estudio de radiofísica , la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores; realizado por un radiofísica calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar a la administradora de riesgos

profesionales a la cual se encuentra afiliado el Prestador de Servicios de Salud, los riesgos y las anomalías existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

▪ **Odontología Periapical Sin Cuarto:** Es indispensable evaluar la carga de trabajo, situación del obturador, biombo, mamparas, cono, colimación, revisar la existencia del certificado y del mantenimiento del equipo, realizar el estudio de radiofísica, la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores, existencia de dosímetro; realizado por un radiofísico calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar a la administradora de riesgos profesionales a la cual se encuentra afiliado el Prestador de Servicios de Salud, los riesgos y las anomalías existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

▪ **Pánorex:** Es indispensable evaluar la carga de trabajo, situación de la consola de mando, colimación, revisar la existencia del certificado y mantenimiento del equipo, realizar el estudio de radiofísica, la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores; realizado por un radiofísico calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar a la administradora de riesgos profesionales a la cual se encuentra afiliado el Prestador de Servicios de Salud, los riesgos y las anomalías existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

Con respecto al Material radiactivo. (Medicina Nuclear):

Es indispensable evaluar y revisar la licencia del Ministerio de Salud y la licencia de INGEOMINAS, contenedor, generadores, equipo de monitoreo, la existencia de encapsulamiento del material, los medios de preparación del material y la campana con extractor, realizar el estudio de radiofísica, la licencia de funcionamiento del equipo, los certificados de idoneidad de los trabajadores la situación de los desechos en Decaimiento como su recolección con Decaimiento; realizado por un

radiofísica calificado y avalado para la prestación de dicho servicio, quien debe informar al prestador de servicio de salud las anomalías y las medidas de control que se deben implementar para garantizar que se este brindando un servicio que cumpla con todas las normas de seguridad exigidas. Igualmente debe informar a la administradora de riesgos profesionales a la cual se encuentra afiliado el Prestador de Servicios de Salud, los riesgos y las anomalía existentes como la vigilancia requerida para el sistema.

En segundo lugar se debe tener presente el medio en el cual se encuentre la fuente del factor de riesgo:

a) En general para y según el tipo de instalación se debe tener presente:

- **Tac:** Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se presta el servicio, los blindajes existentes, la protección existente para el técnico.
- **Convencional con fluoroscopia El Cual Incluye Angiografía, Hemodinamia, Litotripcias Y Otros Estudios Especiales:** Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se presta el servicio, los blindajes existentes, la protección para el técnico, protección para el profesional especializado del servicio, cabina plomada y las pantallas con circuito cerrado.
- **Unidad Convencional Fija:** Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se presta el servicio, los blindajes existentes, la protección para el técnico y la existencia de la cabina o biombo.
- **Unidades Móviles En Cuarto:** Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se presta el servicio, los blindajes existentes, la protección para el técnico.
- **Unidades Portátiles Sin Cuarto:** Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se presta el servicio, la protección para el técnico, el colimador y cable largo del obturador.
- **Unidad De Mamografía:** Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se presta el servicio, la protección para el técnico como la existencia de biombo plomado.

- **Densitometria:** Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se encuentra el servicio, la protección para el técnico y la filtración.
- **Odontología Periapical Con Cuarto:** Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se encuentra el servicio, los blindajes existentes, la protección para el operario (cono, filtración y colimación).
- **Odontología Periapical Sin Cuarto:** Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se encuentra el servicio, los blindajes existentes, la protección para el técnico (Cono, filtración, colimación y delantal plomado para el paciente).
- **Panorex:** Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se encuentra el servicio, los blindajes existentes y la protección para el operario.

b) Para Material Radiactivo.

- Es indispensable evaluar el medio o espacio físico donde se presta el servicio
- Cuarto caliente
- Contenedor y blindajes
- Manejo de los Desechos
- Equipos para monitoreo diario.

En tercer lugar se debe tener presente el individuo en el cual se encuentre ocupacionalmente expuesto al factor de riesgo:

Se debe prestar los servicios necesarios de vigilancia y atención de salud.

Debe existir un profesional responsable del servicio que se preste bien sea de uso médico o de uso odontológico, de acuerdo a los requisitos de formación requeridos.

Facilitar los elementos de protección adecuados y la adopción de medidas para su uso correcto, prever los recursos humanos idóneos y suficientes más una capacitación adecuada en materia de protección y seguridad, así como las

actividades periódicas de readiestramiento: ropa protectora, equipo protector respiratorio de cuyas características de protección se informe a los usuarios, delantales y guantes protectores y blindajes de protección de órganos, garantizar que los trabajadores reciban instrucción adecuada en el empleo correcto de los equipos.

Mantener registros adecuados, conforme a las indicaciones de las normas, protocolos y reglamentaciones.

Adoptar disposiciones para facilitar la consulta y cooperación con los trabajadores en cuestiones de protección y seguridad, y disponer de las condiciones necesarias para proveer una cultura de la seguridad.

Como requisito previo para el ingreso de un trabajador, debe obtener de los empleadores anteriores, incluidos los individuos empleados por cuenta propia, el historial de exposición ocupacional anterior de esos trabajadores y demás información necesaria para ofrecerles protección y seguridad.

En los exámenes de retiro se debe adjuntar el nivel de exposición que recibió el trabajador durante su permanencia en el cargo.

Con respecto a los exámenes médicos y su periodicidad el empleador es indispensable tener presente la clasificación dada a los trabajadores en el sistema de vigilancia epidemiológica:

- Para los trabajadores clasificados en riesgo Bajo, se realizará exámenes médicos ocupacionales y los de laboratorio requeridos por el médico tratante anualmente dentro de los parámetros de salud ocupacional establecidos para todos los trabajadores de la institución.
- Para los trabajadores clasificados en riesgo Alto, se realizarán mínimo cada 6 meses
- Para los trabajadores clasificados en riesgo Medio esta periodicidad será decidida por el médico tratante anual o semestralmente.

El empleador deberá adoptar las medidas administrativas necesarias para que los trabajadores sean informados de que la protección y seguridad son elementos integrantes del programa general de salud ocupacional en los que les corresponde ciertas obligaciones y responsabilidades para su propia protección.

Con respecto a las compensaciones especiales, las condiciones de servicio de los trabajadores deberán ser independientes de la existencia o la posibilidad de exposición ocupacional. No se deberán conceder ni utilizar, como sustituto de la adopción de medidas de protección y seguridad adecuadas para garantizar el cumplimiento de las normas y reglamentaciones, compensaciones especiales o un tratamiento de preferencia en lo que respecta al sueldo o protección especial por un seguro, horas de trabajo, duración de las vacaciones, días libres suplementarios o prestaciones de jubilación⁷

Con respecto a las trabajadoras embarazadas e inmediatamente ésta identifique su estado, y lo notifique al empleador, éste deberá modificar sus condiciones de trabajo si es necesario. Esta notificación no se debe considerar una razón para separar a la interesada del trabajo, pero el empleador de una trabajadora que haya notificado su embarazo deberá adoptar las condiciones de trabajo, en lo que atañe a la exposición ocupacional, de modo que se proporcione al embrión o al feto el mismo nivel general de protección que se brinda al público⁷

El empleador deberá tener presente el siguiente perfil ocupacional de los trabajadores para su contratación:

- Edad no inferior a 18 años
- Los Auxiliares de Radiodiagnóstico en Odontología deberán ser bachilleres y tener curso de Auxiliares no inferior a un año .
- Para personal Auxiliar en el Servicio de Radiodiagnóstico deberá ser Bachiller y Tecnólogo Graduado
- Para personal Auxiliar en el Servicio de Medicina Nuclear deberán ser Auxiliares de enfermería o enfermera Jefes.
- Para Auxiliares del Servicio de Radioterapia, deberá ser Tecnólogo Especializado en Radioterapia.

El empleador no deberá permitir que ninguna persona menor de 18 años trabaje con este riesgo a no ser que lo haga bajo supervisión y exclusivamente con fines de capacitación.

Los empleadores deben hacer todo el esfuerzo razonable para dar a los trabajadores un empleo sustitutivo adecuado cuando se determine, por parte de la

autoridad competente que el trabajador no puede continuar por razones de salud en un oficio que implique exposición ocupacional.⁷

ACCIONES A DESARROLLAR POR LOS EMPLEADORES DE ACUERDO A LA CLASIFICACION OPERATIVA DEL S.V.E.:

Para los trabajadores clasificados en riesgo bajo.

- Mantener vigentes los sistemas de seguridad y su aplicación para seguir controlando el riesgo a este nivel.
- Se seguirán todos los requerimientos establecidos en los programas de salud ocupacional para la vigilancia del riesgo.

Para los trabajadores clasificados en riesgo medio.

- *Para aquellos trabajadores que el acumulado del periodo establecido por el sistema de vigilancia para la dosimetría esta cercano a los límites de dosis recomendados:*
 - Comprobar el registro o dosis del dosímetros individual con dosis ambiente
 - Verificar el uso correcto del dosímetros
 - Solicitar verificación de la dosis reportada a través de una segunda lectura
 - Verificar cumplimiento de normas y procedimientos
- *Trabaja u opera equipos de Rayos x*
 - Determinar condiciones de seguridad del equipo(filtración, colimación, longitud adecuada del cable, disponibilidad del delantal plomado)
 - Determinar la aplicación de técnicas inadecuadas (kilovoltaje, miliamperaje y tiempo de exposición)
 - Seleccionar y capacitar al personal técnico
 - Instalar indicadores de presencia y ausencia del haz de radiación
 - Verificar la indicación luminosa del haz de radiación
 - Verificar el cumplimiento de normas y procedimientos

- *Priorización del riesgo en el Panorama de Riesgos para intervención a mediano plazo*
 - Mediante verificación de dosis y procedimientos
 - Rediseñando la instalación
 - Cambio de tecnología
- *Grado de riesgo del trabajador entre 0.5 y 0.99*
 - Se deberá verificar los mismos aspectos de la priorización media en el panorama de riesgos
- *Criterio de antecedentes y hallazgos clínicos*
 - En caso de presentarse hallazgos clínicos asociados con otro factor de riesgo se procederá a valorar clínicamente al trabajador bajo criterio del médico especializado.

Para los trabajadores clasificados en riesgo alto.

- *Para aquellos trabajadores que el acumulado del periodo establecido por el sistema de vigilancia para la dosimetría esta por encima de los límites de dosis recomendados:*
 - Comprobar el registro o dosis del dosímetros individual con dosis ambiente
 - Verificar el uso correcto del dosímetros
 - Solicitar verificación de la dosis reportada a través de una segunda lectura
 - Verificar cumplimiento de normas y procedimientos
 - Iniciar de inmediato una investigación para determinar causas y procedimientos a seguir con el fin de prevenir dosis futuras
- *Trabaja u opera equipos del servicio de radioterapia y Braquiterapia*
 - Evitar la carga en forma manual de material radiactivo
 - No utilizar fuentes de Radio-226 (Ra-226) Verificar el buen estado de los aplicadores
 - Disponer de todos los instrumentos de aplicación de las fuentes
 - Estricto control de inventario de las fuentes
 - Toda fuente debe estar debidamente certificada
 - Verificar la hermeticidad de las fuentes cada seis (6) meses, mediante chequeos periódicos de contaminación y pruebas de fuga en elementos accesorios.

- Toda fuente debe estar debidamente identificada mediante etiquetas y colores con el fin de garantizar su control físico y evitar confusiones
- Establecer procedimientos específicos que incluyan el diseño y ubicación de las fuentes

- *Priorización del riesgo en el Panorama de Riesgos para intervención inmediata*
 - Verificar la operativización del COPASO
 - Identificar si las prioridades son del equipo, el medio o el trabajador
 - Establecer un cronograma de actividades inmediatas mediante verificación de dosis y procedimientos, rediseñando la instalación, cambio de tecnología y control adecuado del tiempo de exposición

- *Trabaja en procedimientos médicos especiales y de medicina nuclear*
 - Utilización de equipos de alta tecnología
 - Elaboración de manuales específicos para cada uno de los procedimientos especiales
 - Elaboración de normas para la preparación y evaluación de dosis por estudio o tratamiento en medicina nuclear
 - Elaborar procedimientos prescritos para detectar contaminación o pérdida de la integridad del paquete o bulto y como proceder en cada caso
 - Dotar al departamento de medicina nuclear de ropa de trabajo, utensilios y equipo adecuado para la protección radiológica.
 - Monitorear individualmente mediante el uso de dosímetros personales y de anillo para las manos para medición de la exposición externa.
 - Limitar la cantidad de sustancias radiactivas en la sala de tratamiento a la cantidad que se vaya a suministrar al paciente.
 - Tratar las excreciones de los pacientes tratados pro vía interna como desechos .
 - Tener en cuenta que en la manipulación de fuentes abiertas existe riesgo de exposición y contaminación externa y de incorporación de sustancias radiactivas al organismo. Es importante el uso de toallas absorbentes , todos los elementos necesarios recomendados para la manipulación de fuentes abiertas
 - Las precauciones ha tener en cuenta para la manipulación de fuentes abiertas depende de la actividad y tipo de sustancia radiactiva y de la naturaleza de la operación a realizar.

- La organización de las operaciones debe ser tal que limite la dispersión de sustancias radiactivas por desplazamiento de personas y por traslado de sustancias que no sean necesarias.
- Con respecto a la manipulación del material debe hacerse sobre bandejas y recipientes no porosos con papel absorbentes.
- *Grado de riesgo alto mayor o igual a 1*
 - El trabajador debe reubicarse temporalmente mientras se realiza la investigación
 - Realizar seguimiento médico y practicar exámenes ocupacionales complementarios de acuerdo al criterio médico
 - Se establecerá una investigación inmediata en la fuente y en el medio, posteriormente se analizará el cumplimiento de las normas y procedimientos por parte del trabajador.
- *No existen todas las medidas y controles necesarios para el riesgo ni las normas y procedimientos requeridos*
 - El análisis dosimétrico determinará las siguientes actividades: revisión y actualización del panorama de riesgo para radiaciones ionizantes, de acuerdo a la severidad de las condiciones se dictarán medidas a corto y mediano plazo.
 - Realizar estudio de la eficiencia de los métodos de control existentes.
 - Se deben documentar las normas y procedimientos.
- *Criterio de antecedentes y hallazgos clínicos*
 - En caso de presentarse hallazgos clínicos asociados con otro factor de riesgo se procederá a valorar clínicamente al trabajador bajo criterio del médico especializado.
- Para la manipulación de los desechos de las fuentes, es un requisito el uso de ropa protectora y guantes. Para reducir las dosis en las manos se debe contar con pinzas de distanciamiento y blindaje para las jeringas. En el área de dosificación en el suministro y en el área de estudio donde se aplican dosis a los pacientes deben existir recipientes separados y marcados para la recolección de los desechos sólidos (algodones, jeringas, papeles absorbentes,

guantes y otros) la recolección de los desechos mixtos (ampollas y viales de suministro con restos de soluciones) y para las agujas contaminas. Estos últimos deben ser recipientes rígidos que eviten heridas al personal durante su manipulación. Los recipientes de recolección de los desechos deben distinguirse de los de recolección normal de desechos.

La periodicidad de las mediciones ambientales será independiente de la clasificación de los trabajadores en Bajo, Medio o Alto.

- En áreas o servicios donde se manipulen fuentes abiertas se realizará un monitoreo diario.
- En áreas o servicios de Radiodiagnóstico y de radioterapia, teniendo presente la carga de trabajo se realizará un monitoreo por lo menos una vez cada dos años.

- La frecuencia del monitoreo depende de la naturaleza cantidad y uso de las fuentes, así como de las medidas de protección, el equipamiento y los procedimientos disponibles. Generalmente se realiza antes de empezar un nuevo procedimiento al incluir una nueva fuente o variar la actividad de las existentes y periódicamente para el control de rutina. Se debe tener especial atención en realizar anualmente la calibración de los equipos de monitoreo⁵
- En áreas o servicios de radiodiagnóstico y en servicios de Radioterapia y teniendo presente la carga de trabajo se realizará un monitoreo por lo menos una vez cada dos años.

8.3. Administradoras de Riesgos Profesionales

La Administradora de riesgos profesionales debe desarrollar todas las actividades de asistencia que le permitan al cumplir con la prevención de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo.

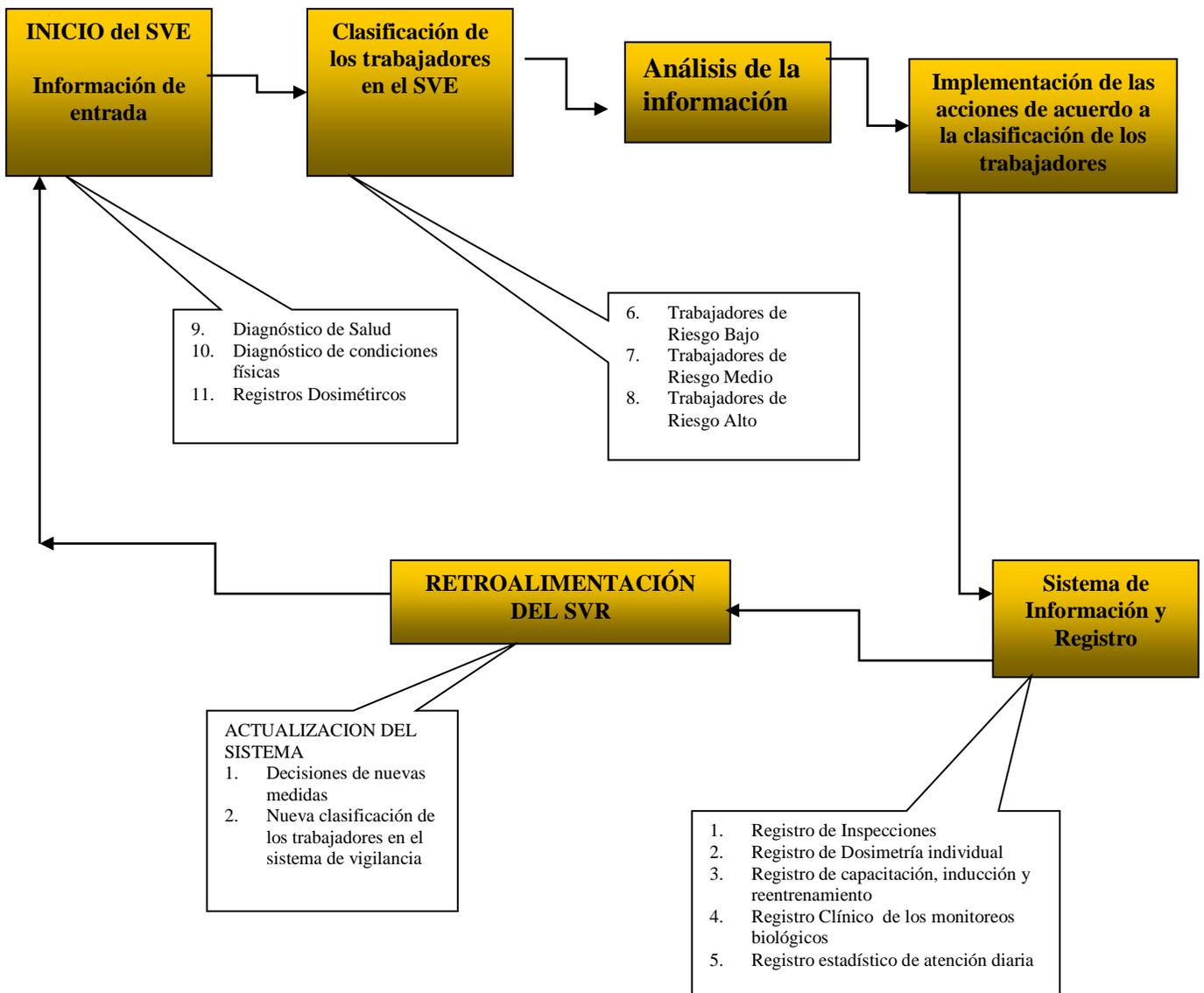
8.4. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social

- Dar orientaciones a las universidades y centros de formación para que en los programas de adiestramiento y de educación continuada que se brindan a los médicos, físicos, ingenieros, técnicos y demás, se tengan en cuenta las

recomendaciones obtenidas de los hallazgos de la vigilancia (medidas de protección radiológica).

- Dar recomendaciones a las sociedades científicas y de profesionales con relación al diseño de protocolos clínicos, evaluación de equipos y criterios de garantía de calidad.
- Brindar asistencia técnica de expertos extranjeros en radiomedicina, protección y seguridad radiológica, en caso de ser requerida.
- Dar recomendaciones o establecer medidas específicas en empresas de fabricación y de servicio de expertos sobre la provisión de equipos y servicios de buena calidad.

FLUJOGRAMA DE LA ACCION



9. DIVULGACIÓN

El proceso de vigilancia siempre debe conducir a retroalimentar las acciones desarrolladas por las Administradoras de Riesgos Profesionales y los Prestadores de Servicios de Salud en el Sistema General de Riesgos Profesionales, a fin de mejorar la gestión de dicho programa.

Es necesario la divulgación del sistema de vigilancia a través de publicaciones y de una capacitación a las Administradoras de Riesgos Profesionales y éstas a los diferentes Prestadores de Servicios de Salud que estén afiliados al sistema, para comprobar la eficiencia y eficacia del sistema de vigilancia que se presenta, de esta manera se podrán hacer todos los correctivos y mejoras a los cuales esta sujeta la propuesta que se presenta.

10. RECURSOS

Prestadores de Servicios de Salud:

El gerente o representante legal de la prestadora de servicios de salud asignará el presupuesto para contratar el recurso humano quien(es) será (n) el (los) responsable (s) de dirigir el sistema de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes, dotándolo de la tecnología apropiada.

Administradora de Riesgos Profesionales:

El área técnica de la Administradora de Riesgos Profesionales con su recurso humano, prestará la asistencia y/o servicios para el montaje y/o implementación del sistema de vigilancia epidemiológica de radiaciones ionizantes.

Entidad Promotora de Salud :

La empresa promotora de salud desarrollará la gestión de salud ocupacional para el diagnóstico de las enfermedades ocupacionales por la exposición a radiaciones ionizantes.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social:

Con el recurso humano de la Dirección de Salud ocupacional y Riesgos Profesionales, participará en la evaluación de los proyectos sobre la población trabajadora expuesta a radiaciones ionizantes, analizará la información periódica suministrada por las Administradoras de Riesgos Profesionales, desarrollo de políticas en la implementación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica.

10. DOCUMENTO TECNICO

ESTRUCTURA ATOMICA Y RADIATIVIDAD

INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE RADIATIVIDAD

La radiactividad es un fenómeno universal, las rocas lunares son radiactivas, el espacio terrestre y extraterrestre es cruzado continuamente por rayos de índole y orígenes muy diversos, el aire contiene carbono 14 que es radiactivo, muchas rocas, entre ellas el granito tan abundante en la corteza terrestre, por tonelada contiene 20 grs. de uranio y torio y 10 grs. de otros radioelementos. El hombre, los animales y las plantas al vivir y tener su origen de los mismos elementos que conforman la naturaleza están dotados de radiactividad. Entonces, siempre hemos vivido en un mundo natural de exposición constante a una radiación de baja intensidad conocida como "Radiación de Fondo" que proviene de las fuentes antes mencionadas (cósmicas y terrestres).

Sin embargo, en la actualidad la radiación de fondo es sólo una pequeña fracción de la exposición a que se encuentra sujeto el hombre; ya que, los equipos de rayos X, reactores nucleares, aceleradores de partículas, radioisótopos naturales y artificiales encuentran mayores aplicaciones en la medicina, industria, comercio y en todas las ramas de la investigación, convirtiéndose en herramientas indispensables para la vida moderna, incrementando cada vez más la exposición de la población a las radiaciones ionizantes.

Para entrar en materia, comencemos con un breve recuento de la secuencia de acontecimientos históricos que formaron los cimientos para el desarrollo de un

notable núcleo de conocimientos relativos a la estructura del átomo y con el fin de facilitar la comprensión de los fenómenos que se presentan como consecuencia de los procesos de desintegración nuclear, revisaremos conceptos tales como: la estructura, nomenclatura y dimensiones atómicas, relación masa-energía y unidades, defecto de masa, estabilidad nuclear y su relación con la tabla de núclidos, radiactividad natural, modos de desintegración radiactiva, series radiactivas, actividad y período de semidesintegración, transformaciones radiactivas sucesivas, radiactividad artificial, partículas subatómicas y algo sobre las radiaciones ionizantes.

1. El átomo

1.1. Estructura del átomo

El átomo es la porción más pequeña de un elemento que puede participar en una reacción química. Es tan minúsculo (su diámetro es del orden de 10^{-8} cm), que un átomo-gramo de cualquier sustancia (por ejemplo, 1 gramo de hidrógeno o 12 g de carbono) contiene 6.02×10^{23} átomos de elemento. Cada átomo tiene un pequeño núcleo central con carga eléctrica positiva (diámetro, 10^{-12} cm aproximadamente) en el que esta concentrada la mayor parte de su masa, aunque el volumen del núcleo sólo supone una pequeña fracción del volumen del átomo. El núcleo, a su vez, está formado por partículas cargadas positivamente llamadas protones y partículas sin carga llamadas neutrones. Las partículas contenidas en el núcleo reciben también el nombre de nucleones. La carga positiva del núcleo se debe a la presencia de protones en el mismo. Alrededor del núcleo giran partículas cargadas negativamente, llamadas electrones, en órbitas o capas bien definidas, a diferentes distancias radiales del núcleo (véase la figura 1.1). El átomo más sencillo es el de hidrógeno, que consta de un protón como núcleo, y un electrón orbital. El átomo de helio tiene en su núcleo 2 protones y 2 neutrones y 2 electrones orbitales. Análogamente, el ^{238}U tiene 92 protones y 146 neutrones en el núcleo, y 92 electrones orbitales.

El protón es 1837 veces más pesado que el electrón y la masa del neutrón es ligeramente mayor que la del protón. La carga de un electrón es $4,8 \times 10^{-10}$ unidades electrostáticas (uee) y es la carga más pequeña conocida. El protón tiene una carga igual a la del electrón, pero de signo contrario.

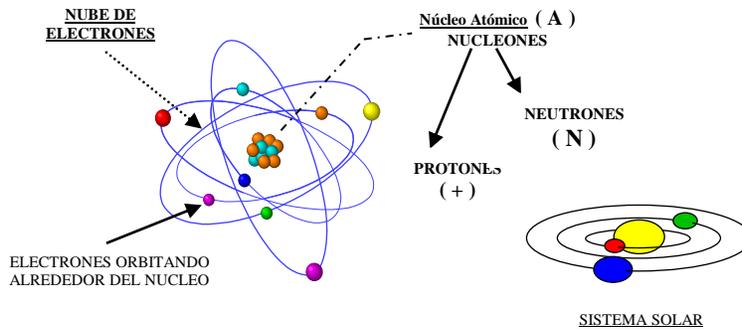


FIG 1. Representación esquemática de un átomo con su núcleo

1.1.2. Número atómico y número másico

El átomo en conjunto es eléctricamente neutro, puesto que, el número de protones es igual al número de electrones orbitales. Así que, el número total de protones del núcleo o el número de electrones orbitales caracteriza a cada elemento y se conoce como " número atómico", que se designa por símbolo Z . La suma del número de protones Z y del número de neutrones N , se llama número másico se designa éste por el símbolo A y constituye un índice de la masa del átomo. Por lo tanto, el número de neutrones (N) que haya en el núcleo viene dado por $N = A - Z$. Se denomina núclido a una especie atómica con un número característico de protones y de neutrones.

1.1.3. Isótopos

El número atómico Z caracteriza al elemento. Los núclidos que tienen el mismo Z , pero diferente número másico A , reciben el nombre de isótopos del elemento de número atómico Z . Los isótopos del mismo elemento tiene propiedades químicas iguales, pero, generalmente, sus propiedades nucleares son muy distintas. El núclido de un elemento X de número atómico Z y número másico A se representa con su respectivo ejemplo por:



El ejemplo representa el núcleo de un átomo de helio formado por dos protones y dos neutrones. En la práctica, se omite corrientemente Z ya que el símbolo químico y el número másico son suficientes para identificar el núclido. En el cuadro 1.1 se indican ejemplos de núclidos e isótopos.

CUADRO 1 EJEMPLOS DE NUCLIDOS E ISOTOPOS

Denominación	Caracterizado por	Ejemplos	Observaciones
Núclido	Z, A	${}_1\text{H}^1$, ${}_6\text{C}^{12}$, ${}_{92}\text{U}^{238}$	Se conocen mas de 1900
Isótopo	Z Constante	${}_1\text{H}^1$, ${}_1\text{H}^2$, ${}_1\text{H}^3$	Más de 3 isótopos por elemento

2. Las radiaciones nucleares

2.1. Tipos de radiaciones nucleares

La expresión " radiaciones nucleares " se refiere usualmente a la amplia gama de emanaciones que van asociadas con los sistemas que experimentan transformaciones nucleares. En este grupo se incluyen también las partículas subatómica y atómicas, así como los rayos x y los rayos gamma. El estudio de todos los tipos de radiaciones nucleares se saldría de los límites del presente manual, por lo que sólo se examinarán los tipos corrientes que se señalan en el cuadro 2.1.

2.1.2. Partículas alfa: Las partículas alfa son núcleos de helio (${}_2\text{He}^4$) emitidos por radionúclidos, principalmente por núcleos pesados como los de polonio, radio, torio, uranio, etc. En la desintegración alfa, la masa del núcleo primitivo es mayor que la suma de la masa de los productos, y esta diferencia de masa se manifiesta en forma de energía cinética de la partícula alfa. Las partículas alfa emitidas por un radionúclido poseen en general una o dos- y raras veces más- energías discretas, que son características del radionúclido.

CUADRO 2. ALGUNOS TIPOS CORRIENTES DE RADIACIONES

Tipo de Radiación	Símbolo	Carga	Masa en reposo
Partícula alfa	A	+2	4.002777
Partículas beta:			
a) electrones	β^-, e^-	-1	0.000549
b) positrones	B^+, e^+	+1	0.000549
Protones	p	+1	1.007593
Neutrones	n	0	1.007593
Radiaciones electromagnéticas			
a) Rayos X	X	0	-
b) Rayos Gamma	γ	0	-

2.1.3. Partículas beta: Las partículas beta son electrones o positrones de alta energía creados y emitidos por ciertos radionúclidos. A diferencia de las partículas alfa, las partículas beta no son monoenergéticas, sino que son emitidas con un espectro continuo de energía.

Las partículas beta emitidas por los radionúclidos son de dos clases: el electrón negativo y el electrón positivo resultantes del exceso de neutrones o protones, respectivamente, en el radionúclido primitivo. La emisión de electrones positivos recibe el nombre de desintegración positrónica (un proceso de efecto equivalente a este tipo de desintegración es la captura electrónica, que consiste en que el núcleo capta un electrón de una órbita interna). Al ser emitida una partícula beta, la masa del núcleo permanece prácticamente inalterada, pero el número atómico cambia en una unidad. Como ya se ha indicado, las partículas beta son emitidas en un espectro continuo de energías, por lo que las tablas de energías beta indican siempre la energía máxima de emisión, que es característica de cada radionúclido. Ahora bien, para muchos fines, se toma una energía media igual a un tercio de la energía máxima de la emisión beta.

2.1.4. Protones: Los protones son núcleos de hidrógeno y por tanto están cargados positivamente. En aceleradores de diferentes tipos se producen haces de protones que pueden tener energías de varios centenares de megaelectronvoltios o más.

También se emiten protones en la interacción de los protones rápidos con los átomos de hidrógeno.

2.1.5. Neutrones: El neutrón es una partícula excenta de carga eléctrica que tiene una masa ligeramente superior a la del protón. No experimenta interacción alguna de tipo coulombiano ni con los electrones orbitales ni con el núcleo del átomo. Los neutrones se clasifican generalmente según sus energías en cuatro amplias categorías:

- a) Los neutrones térmicos, que se encuentran en equilibrio térmico con la materia que los rodea, de manera que por término medio no se produce ningún intercambio neto de energía cinética entre los neutrones y los átomos animados de agitación térmica de la materia circundante. En este caso, los neutrones presentan una distribución maxweliana de velocidades, siendo la velocidad mas probable de $2,2 \times 10^5$ cm/s, que corresponde a una energía cinética de 0,025 eV.
- b) Los neutrones intermedios, cuyas energías se encuentran comprendidas en el intervalo de 0,5 eV a 10 keV. A los neutrones de energías inferiores a 100 eV se les da también el nombre de neutrones lentos.
- c) Los neutrones rápidos, que tienen energías comprendidas entre 10 keV y 10 MeV.
- d) Los neutrones relativistas, que tienen energías superiores a 10 MeV.

2.1.6 Rayos X y rayos gamma: Los rayos x y los rayos gamma son radiaciones electromagnéticas de longitud de onda muy corta. No existe diferencia alguna entre los rayos x y los rayos gamma, excepto por lo que respecta a su origen. Mientras que los rayos gamma son emitidos con energías discretas características del núclido formado, la emisión de rayos x puede ser de dos tipos, radiación característica (energías discretas). y radiación de frenado o Bremsstrahlung (espectro continuo de energías). Los rayos x característicos se producen en transiciones entre los niveles energéticos de los electrones internos de un átomo, y la emisión de rayos gamma obedece a transiciones del núcleo de estados energéticos superiores a inferiores. En la emisión de rayos gamma, el núcleo permanece inalterado. La emisión gamma pura es desconocida en la radiactividad

natural; se produce frecuentemente a continuación de una desintegración alfa o beta.

3. Radiactividad

Se ha mencionado anteriormente que, exceptuando el núcleo más sencillo, el hidrógeno, todos los demás núcleos constan de neutrones y protones. La razón entre neutrones y protones vale la unidad en el caso de los núclidos más ligeros y crece gradualmente al aproximarse a los elementos más pesados al final de la tabla periódica. Según va aumentando esta razón, se alcanza un punto en el que el núclido ya no es estable. El núclido estable más pesado es el ${}_{83}\text{Bi}^{209}$. Los núclidos más pesados que éste ya son inestables, porque poseen un exceso de energía que disipan. Estos núclidos inestables reciben el nombre de radionúclidos y disipan su exceso de energía mediante la emisión de radiaciones. Este proceso se llama radioactividad o desintegración radiactiva. Las formas más frecuentes de desintegración de los radionúclidos son la desintegración alfa, beta y gamma.

La radiactividad puede ser de dos clases: 1. Radiactividad natural, que presenta más de 50 isótopos que se dan en la naturaleza (por ejemplo U^{238} , Ra^{226} , K^{40}); y 2. Radiactividad artificial, que es la radiactividad que se induce en algunos elementos bombardeándolos con neutrones, partículas cargadas o fotones.

Los núcleos resultantes (por ejemplo, Cs- 137, Co-60, P - 32, etc.) pueden encontrarse en estados excitados y por lo tanto, se desintegrarán emitiendo partículas alfa, beta o fotones. La mayor parte de los radionúclidos que actualmente se utilizan se producen artificialmente.

La desintegración de un radionúclido es un proceso estadístico en el sentido de que no es posible predecir exactamente cuándo se va a desintegrar un núcleo determinado. Ahora bien, se puede determinar la probabilidad de que un núcleo se desintegre en la unidad de tiempo. Esta probabilidad se conoce con el nombre de constante de desintegración radiactiva (constante de transformación), λ , del radionúclido. El número de átomos de una sustancia radiactiva que se desintegra por unidad de tiempo, dN/dt que recibe el nombre de actividad de la sustancia, es proporcional al número total N de átomos radiactivos que se hallan presentes en el momento t , siendo λ la constante de proporcionalidad.

$$A = - dN/dt = \lambda N$$

Integrando esta ecuación, resulta

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Donde N_0 es el número inicial de átomos radiactivos presentes en el tiempo t_0 y N , como ya se ha dicho, el número de átomos radiactivos en el momento t . Se puede ahora escribir la primera ecuación de la siguiente manera

$$\lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{ó} \quad A = A_0 e^{-\lambda t}$$

Estas dos últimas ecuaciones indican que tanto el número de átomos radiactivos presentes como el número de desintegraciones por unidad de tiempo (actividad) disminuyen exponencialmente con el tiempo.

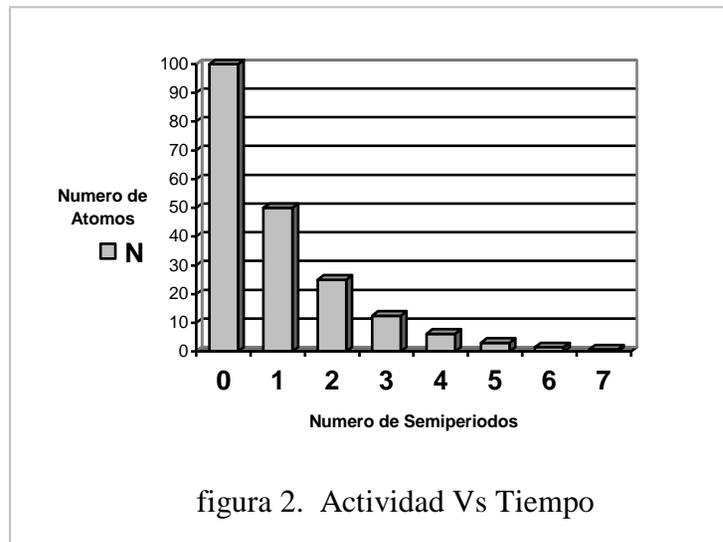
El tiempo necesario para que se desintegre la mitad de los átomos radiactivos originalmente presentes reciben el nombre de ***periodo de semidesintegración*** del radionúclido.

Sustituyendo N por $N_0/2$ y t por $t_{1/2}$ en la segunda ecuación, obtenemos:

$$N_0/2 = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}}$$

$$t_{1/2} = 0.693/\lambda$$

El número de átomos radiactivos presentes y, por tanto, el número de desintegraciones por unidad de tiempo se reducen a la mitad al cabo de un ***periodo de semidesintegración***, a un cuarto al cabo de dos periodos, a un octavo al cabo de tres periodos, y a así sucesivamente. El ***periodo de semidesintegración*** es característico de cada radioisótopo.



Otra magnitud de utilidad es la vida promedio del radionuclido, que es el recíproco de la constante de desintegración

$$t_m = 1/\lambda$$

Es la suma de los tiempos de vida de todos los átomos individuales dividida por el numero inicial de átomos presentes.

3.1 Equilibrio radiactivo

Todo radionúclido da lugar a un núclido determinado al experimentar un tipo concreto de desintegración. El radionúclido primitivo recibe el nombre del predecesor y el producto de desintegración el de descendiente. El núclido descendiente puede ser radiactivo también. Una sucesión de núclidos, cada uno de los cuales se transforma en el siguiente por desintegración radiactiva hasta llegar a un núclido estable, constituye una serie o familia radiactiva. Como ejemplos, cabe citar la serie del uranio y la serie del torio.

El equilibrio radiactivo se refiere a aquel estado en el que permanecen constantes las razones entre las cantidades de los sucesivos miembros de la serie. En ese

estado, serán iguales las velocidades de desintegración del núclido predecesor y de todos sus descendientes radiactivos sucesivos.

3.2. Unidad de masa atómica (u.m.a.)

Se define la u.m.a. como un doceavo de la masa del carbono -12, que corresponde a la masa de un único átomo de dicho elemento, ósea que:

$$\text{Masa del C-12} = (12\text{g/átomo-gramo}) / (6.02 \times 10^{23} \text{átomos/át-g})$$

$$= 1.99 \times 10^{-23} \text{ g}$$

$$1 \text{ u.m.a.} = 1.99 \times 10^{-23} \text{ g} / 12 = 1.6 \times 10^{-24} \text{ g}$$

3.2.1 Unidad de energía de las radiaciones

La unidad que se utiliza para expresar la energía de las radiaciones atómicas es el electrón voltio (eV). Se define el electronvoltio como la energía cinética que adquiere un electrón bajo la acción de una diferencia de potencial de un voltio. La equivalencia en ergios es la siguiente:

$$\text{Un electronvoltio, } 1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-12} \text{ erg}$$

$$\text{Un millón de electronvoltios, } 1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-6} \text{ erg}$$

Como ya se ha indicado, la energía liberada en un proceso de desintegración es consecuencia de la diferencia entre la masa del núcleo original y la suma de las masas de las partículas que lo constituyen. El valor de esta energía viene dado por la relación de Einstein entre la (m) y la energía (E)

$$E = mC^2$$

Donde C es la velocidad de la luz, que es constante e igual a 3×10^{10} cm/s. De esta relación se deduce fácilmente que 1 unidad de masa atómica (1 u.m.a.) = 931.4 MeV.

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-12} \text{ erg} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

por tanto la energía asociada a la u.ma. de acuerdo con la relación de Einstein, es igual a:

$$E_{(1 \text{ u.m.a.})} = 1.602 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 \\ = 1.492 \times 10^{-10} \text{ J} = 931.4 \text{ MeV}$$

Igualmente, puede comprobarse que la masa en reposo de un electrón equivale a 0.51 MeV

INTERACION DE LAS RADIACIONES CON LA MATERIA

1. Radiaciones directamente ionizantes

Las radiaciones directamente ionizantes comprenden todas las partículas cargadas, como partículas alfa, iones pesados, y las partículas beta. Todas las radiaciones constituidas por partículas cargadas pierden energía por interacción de los electrones orbitales o los núcleos de los átomos de la materia que atraviesan. Hay dos procesos principales en los que intervienen los electrones orbitales

- a) la excitación atómica o molecular, con emisión de luz como consecuencia de la desexcitación subsiguiente, y
- b) la ionización que consiste en la expulsión de un electrón orbital, creándose un par iónico

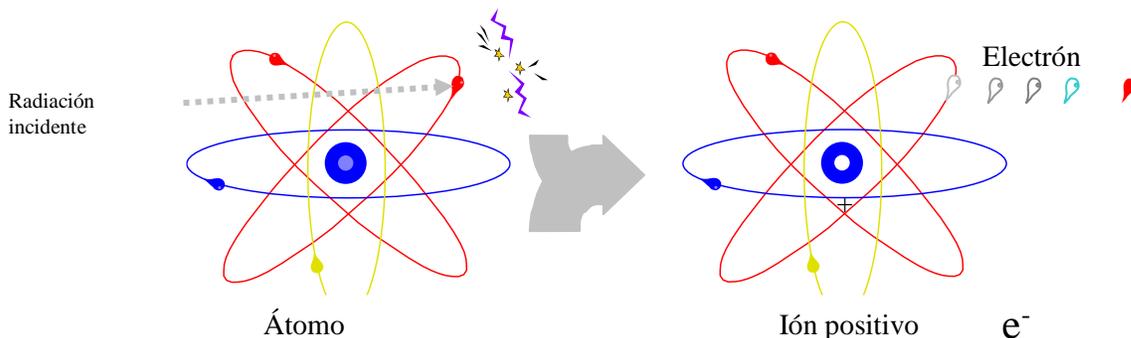


Figura 3. Proceso de Ionización; Par Ión - electrón

Por término medio, se invierten unos 34 ev en la creación de un par iónico en el aire. La ionización de un átomo que forme parte de una molécula puede dar lugar a la disociación de la molécula.

1.1. Partículas alfa

Las partículas alfa emitidas por los núclidos radiactivos poseen energías bien definidas y características. Como tienen una doble carga y se desplazan con relativa lentitud, son intensamente ionizantes, por lo que, a pesar de sus elevadas energías, su poder de penetración o alcance es sumamente limitado. De hecho, las partículas alfa de energías de hasta 7.5 Mev no pueden atravesar la capa protectora de la piel de la mayor parte de las regiones del cuerpo (por ejemplo, la mano). Su alcance en el aire es de unos pocos centímetros; en consecuencia, no ofrece problemas la protección de este tipo de radiaciones mediante blindaje

1.2. Partículas beta

Las partículas beta pierda energía principalmente por ionización. Otro proceso en el que ceden energía es la producción de radiación de frenado (Bremsstrahlung). La producción de rayos x por bombardeo de blancos de metales pesados con electrones de alta energía constituyen también un proceso de Bremsstrahlung. Como las partículas beta son mucho más ligeras que otras partículas cargadas, su velocidad, para una energía dada, es mucho mayor y su ionización específica (número de pares iónicos por unidad de longitud) es mucho menor. Mientras que la ionización específica de las partículas alfa de 4 Mev es de unos 3000 pares iónicos por micra en el agua, en el caso de las partículas beta Mev es tan sólo de cinco aproximadamente.

Por lo tanto, para una energía dada, el alcance de las partículas beta es mucho mayor que el de las partículas alfa. Además, a causa de su pequeña masa, las partículas beta experimentan frecuentemente dispersiones con escasa pérdida de energía, por lo que recorren trayectorias tortuosas y se puede originar un proceso análogo a la reflexión en las superficies. Este fenómeno se denomina retrodispersión y su magnitud aumenta con el número atómico del material blanco.

La atenuación en las partículas beta es exponencial en la mayor parte de su alcance máximo. Se ha observado que, en el caso de los elementos ligeros, el alcance de las partículas beta (expresado en g/cm^2) es casi independiente de la

naturaleza de la sustancia absorbente. La relación entre el alcance (g/ cm²) y la energía (MeV) se puede expresar en la siguiente forma

$$R = 0,542 E \text{ máx} - 0,133 \quad \text{para } E \text{ máx} > 0,8 \text{ Mev}$$

Y

$$R = 0,407 (E \text{ máx})^{1.38} \quad \text{para } E \text{ máx} \text{ comprendida entre } 0.15 \text{ y } 0.8 \text{ Mev}$$

Dicho en otros términos, a fines de protección, se puede suponer que el alcance expresado en g/cm² es aproximadamente la mitad de la energía de la partículas beta expresada en Mev.

La pérdida de energía resultante del proceso de radiación de frenado depende de la energía de la partícula beta y del número atómico del absorbente. En la lucita es de sólo 0.7%, frente a un valor de 8% en el plomo. Por ello, debe prestarse especial atención a la posible producción de radiación de frenado al proyectar blindajes para emisores beta puros.

2. Radiaciones indirectamente ionizantes

Las radiaciones indirectamente ionizantes comprenden algunos tipos de radiaciones electromagnéticas y los neutrones. Estas radiaciones, por interacción con la materia, originan radiaciones secundarias, que son ionizantes. Las radiaciones indirectamente ionizantes ceden energía al chocar con electrones o núcleos atómicos, y las partículas cargadas que, como consecuencia se ponen en movimiento experimentan a su vez interacciones con electrones orbitales o núcleos.

2.1. Rayos x y rayos gamma (fotones)

Las radiaciones electromagnéticas se clasifican según su origen, independientemente de su energía. Se ha descrito ya anteriormente la producción de rayos X continuos o radiación de frenado. En los tránsitos atómicos de los electrones ligados entre las diversas capas electrónicas del átomo, se emiten rayos x característicos. Por interacción entre positrones y electrones se produce radiación de aniquilación, convirtiéndose íntegramente en energía las masas de las dos partículas de acuerdo con la relación de Eintein entre masa y energía. Los

mecanismos de interacción entre las radiaciones de los tipos mencionados anteriormente y la materia depende solamente de su energía, y no de su origen. Este hecho es importante y hay que tenerlo en cuenta al proyectar blindajes contra las radiaciones

Hay varias formas de interacción entre la radiación electromagnética y la materia, que se indican en el cuadro 3. junto a sus posibles efectos.

CUADRO 3. CLASES DE INTERACCIÓN Y SUS POSIBLES EFECTOS

Clases de interacción	Efectos de la interacción
1. Con electrones atómicos	Absorción total
2. Con nucleones	Dispersión elástica
Con el campo eléctrico que rodea los núcleos o los electrones	Dispersión inelástica
4. Con el campo nuclear	

Las dos columnas del cuadro 3 pueden combinarse en 12 formas distintas, ahora bien, de estos procesos sólo tres tienen importancia en la interacción de los rayos x y los rayos gamma con la materia. Estos procesos son: el efecto fotoeléctrico (1a), el efecto Compton (1b) y la producción de pares (3a).

2.1.1. Efecto fotoeléctrico: El mecanismo más importante por el que pierden energía los fotones de baja energía del orden de centenares de electronvoltios es el efecto fotoeléctrico. En este proceso, un fotón de baja energía experimenta una interacción con un electrón ligado de una de las distintas capas del átomo y desaparece al ceder toda su energía al electrón, el cual es expulsado del átomo en forma de fotoelectrón. La energía cinética T del electrón viene dada por

$$T = h\nu - \Phi$$

Donde $h\nu$ es la energía del fotón y Φ la energía de la ligadura del electrón. Por lo tanto, para que se produzca el efecto fotoeléctrico, la energía del fotón tiene que ser mayor que la energía de ligadura. Las características más importantes del efecto fotoeléctrico son las siguientes:

a) La sección eficaz correspondiente a este proceso disminuye al aumentar la energía del fotón y, a energías elevadas, este proceso representa un papel

insignificante, por adquirir más importancia otros, como el efecto Compton. Además, dicha sección eficaz aumenta con el número atómico del absorbente. En el caso del plomo, el efecto fotoeléctrico tiene importancia hasta 1 Mev, aproximadamente.

b) La probabilidad de que se produzca este proceso es máxima cuando la energía de los fotones es ligeramente superior a la energía de ligadura. Los electrones que tienen mayor probabilidad de ser desalojados son aquellos que están más fuertemente ligados en el átomo, es decir, los de la capa k, siempre que la energía del fotón sea suficiente para extraerlos de su órbita

2.1.2. Efecto Compton: Mientras que el efecto fotoeléctrico se produce con un electrón ligado, el efecto Compton puede producirse con un electrón libre o débilmente ligado. En este proceso el fotón incidente experimenta una colisión elástica con un electrón libre o débilmente ligado y comparte su energía e impulso con este electrón, que es acelerado, desviándose el fotón con menor energía. La dispersión por efecto Compton no puede considerarse exclusivamente como un proceso de absorción, ya que la desviación o disminución de energía de los fotones dispersados pueden no ser apreciables.

El efecto Compton depende del número de electrones que hay en el material que atraviesa los fotones, y es el proceso de absorción que predomina cuando se trata de rayos gamma de energía intermedia. En el caso del plomo, este efecto prevalece en el intervalo de energías de 1 a 5 Mev; el intervalo correspondiente del aluminio es de 0,1 a 15 Mev. La sección eficaz correspondiente al efecto Compton disminuye monótonamente al aumentar la energía de los fotones.

2.1.3. Producción de pares : Si la energía de un fotón es superior a 1,02 Mev, éste puede experimentar una interacción con el campo coulombiano del núcleo o, con menos frecuencia, con el de un electrón, para dar origen a un par positrón-electrón. Puede considerarse este proceso como inverso del proceso de aniquilación descrito anteriormente. La energía del fotón que exceda de 1,02 Mev aparece en forma de energía cinética de las dos partículas creadas. El positrón que se crea en este proceso se aniquilará, después de reducida su velocidad, con emisión de dos fotones. Estos fotones, cada uno de 0,51 Mev, son proyectados en direcciones aproximadamente opuestas. Conviene observar también que la emisión

de estos fotones es isotrópica (sus propiedades físicas son idénticas en todas las direcciones).

La sección eficaz para la producción de pares varía de elemento a elemento, aproximadamente con Z^2 . Aumenta con la energía del fotón y se convierte en la clase de interacción que predomina a una energía de alrededor de 10 Mev en los elementos de número atómico alto (por ejemplo, plomo) y a energías mucho más elevadas en los elementos de número atómico bajo (por ejemplo, aluminio)

2.2. Neutrones

La interacción de los neutrones con la materia es muy diferente de la que tiene lugar con las partículas cargadas o con los rayos gamma. Según su energía, los neutrones pueden seguir diversos procesos en su interacción con la materia :

a) Dispersión elástica: el neutrón comparte su energía cinética inicial con el núcleo, que únicamente experimenta un retroceso y no queda en estado excitado. Cuanto menor es la masa del núcleo, tanto mayor es la fracción de energía cinética que recibe. La fracción media de energía cedida por un neutrón en cada colisión a un medio de peso atómico A viene dada por $2A / (1+A)^2$. Un neutrón de 2 Mev se terminaliza al cabo de unas 18 colisiones en el agua y de unas 420 en el plomo.

b) Dispersión inelástica : La dispersión inelástica sólo es posible con los neutrones rápidos. El neutrón dispersado transporta menos energía que el neutrón incidente y el núcleo pasa a un estado excitado. El núcleo excitado, o bien emite un rayo gamma, o bien permanece en estado metastable.

c) Captura: el neutrón incidente es capturado por el núcleo blanco formándose un núcleo compuesto que puede estar excitado y emitir radiación gamma. Esta reacción es probablemente la más corriente, ya que los neutrones térmicos pueden inducirla en casi todos los núclidos. La energía de excitación del núcleo blanco pueden ser emitida en forma de un solo fotón o de varios. Cada captura da lugar a una emisión de energía de aproximadamente 6 a 10 Mev. Por esta razón los materiales en los que se permite que se verifique esta captura neutrónica a fines de atenuación se eligen de manera que, como consecuencia de la captura, se emiten partículas cargadas o fotones que pueden ser fácilmente absorbidos. Para capturar los neutrones térmicos se usa corrientemente el cadmio y el boro

d) Emisión de partículas: en este tipo de reacción, la interacción del neutrón incidente con el núcleo blanco puede dar lugar a la emisión de partículas tales como protones, neutrones y alfas. Como las partículas cargadas habrán de superar la barrera coulombiana antes de escapar del núcleo, este tipo de reacción tiene la mayor probabilidad de producirse en el caso de núclido ligeros y neutrones rápidos.

e) Fisión: En este proceso, el núcleo compuesto se escinde en dos fragmentos de fisión, con emisión de uno o más neutrones. Tienen lugar reacciones de fisión con neutrones térmicos en el U-235, Pu-239, y el U-233, y con neutrones rápidos en numerosos núclidos pesados.

Esencialmente, la absorción de los neutrones tiene lugar en dos fases distintas. Los rápidos pierden energía en procesos de dispersión elástica e inelástica con los núcleos, sobre todo con núcleos ligeros como los del carbono y el hidrógeno. Los neutrones moderados son capturados a continuación, ya que la sección eficaz de captura de los neutrones de baja energía es grande en la mayoría de elementos.

3. Atenuación, calidad de la radiación y sección eficaz

3.1 Atenuación

Al atravesar la materia la intensidad de la radiación disminuye a consecuencia de interacciones complejas entre la radiación y las sustancia de que se trate. Esta reducción de intensidad se llama atenuación. La intensidad de radiación (o densidad del flujo de energía radiante), en un punto dado, se define como la energía que entra, por unidad de tiempo, en una esfera cuya sección recta es la unidad de superficie, con centro en dicho punto. Se mide en ergios por centímetro cuadrado y segundo o en vatios por centímetro cuadrado.

El grado de atenuación depende del tipo de radiación y del material utilizado. Los materiales que se emplean para atenuar las radiaciones se llaman materiales de blindaje y en relación con ello se usan frecuentemente las expresiones « espesor de reducción a la mitad (HVL)» y «espesor de reducción a 1/10 (DVL)». El espesor de reducción a la mitad de un material, para una determinada calidad de radiación, es el espesor necesario para atenuar la intensidad de radiación a un medio; análogamente, el espesor de reducción a 1/10 se refiere a la atenuación de la intensidad por un factor de 10. En el caso de las partícula alfa y beta, un espesor definido de material de blindaje es suficiente para detener estas partículas por

completo; en cambio, cuando se trata de rayos gamma, la absorción es exponencial y la intensidad de la radiación I en un punto cualquiera viene dada por la relación

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

Donde I_0 es la intensidad inicial del haz, I la intensidad del haz que emerge a través de un material de espesor x , y μ el coeficiente de absorción lineal del material. Puede comprobarse que el valor del HVL es igual $0,693/\mu$. Para una radiación determinada, la atenuación aumenta con el número atómico y la densidad del material de blindaje. Así, por ejemplo, el plomo es un material de blindaje contra los rayos gamma.

3.2. Calidad de las radiaciones

La « calidad » de la radiación puede definirse con exactitud en el caso de un haz monoenergético o, en el caso de haces heterogéneos, si se conoce la distribución espectral de las distintas energías presentes. Afortunadamente, cuando se trata de haces heterogéneos no es necesario especificar la « calidad » en la mayoría de las aplicaciones. En estos casos, se denomina « energía efectiva » del haz heterogéneo a la energía de un haz monoenergético al que corresponda un espesor de reducción a la mitad igual que al haz heterogéneo de que se trate. Ahora bien, la energía efectiva de un haz heterogéneo deducida a partir del espesor de reducción a la mitad no coincide con la energía media deducida, más exactamente, a partir del espectro detallado y es, invariablemente, más baja. Se puede definir con exactitud aun mayor la calidad de un haz heterogéneo (por ejemplo, rayos x), especificando la razón entre el primer y el segundo HVL correspondiente a dicho haz. Debe tenerse presente que el segundo HVL, es el que se determina para la calidad espectral de la radiación que emerge después de atravesar el primer HVL.

3.3 Sección eficaz

En todos los procesos descritos anteriormente tiene gran importancia el concepto de « sección eficaz ». La sección eficaz es el área efectiva o sección transversal que presenta un blanco (un átomo, por ejemplo) a la partícula o fotón con que se le bombardea para que se produzca el proceso de que se trate, y expresa la probabilidad de que tenga lugar dicho proceso. Esta área no es necesariamente igual al área geométrica del blanco. La unidad de medida de las secciones eficaces es el barnio; 1 barnio es igual 10^{-24} cm^2 .

MAGNITUDES Y UNIDADES DOSIMÉTRICAS

Introducción

Las radiaciones ionizantes al pasar a través de la materia, tienen lugar como resultado de su interacción con los átomos y moléculas que la conforman, fenómenos tales como la ionización y excitación de los mismos. Dependiendo del medio de que se trate, la energía absorbida puede dar lugar a efectos fotográficos, efectos biológicos y calentamiento de la materia, fenómenos en los cuales se basa el diseño de los instrumentos utilizados en la detección y medición de la radiación.

La aplicación de las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), requiere del conocimiento de diversos conceptos y magnitudes, que permitan establecer cuales pueden ser los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes sobre la salud.

La cantidad de energía que es absorbida por una capa de material depende tanto de la calidad como de la cantidad de radiación incidente. En particular, en los tejidos vivos, la misma cantidad de energía absorbida a partir de diferentes tipos de radiaciones puede dar lugar a efectos biológicos distintos, lo que implica cierta complejidad en la definición de dichas magnitudes y unidades.

Se tratará en el presente capítulo de exponer las diferentes magnitudes y unidades más utilizadas en protección radiológica.

1. ACTIVIDAD

Cuantifica el fenómeno de la radiactividad y se define como el número de desintegraciones por unidad de tiempo.

Símbolo: A

Unidades S.I. : Bq [s⁻¹]

1 Bq = 1 desintegración/segundo [s⁻¹]

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

1.000 Bq	1 kilobecquerelio	1 kBq
1.000.000 Bq	1 Megabecquerelio	1 MBq
1.000.000.000 Bq	1 Gigabecquerelio	1GBq
1.000.000.000.000 Bq	1 Terabecquerelio	1 TBq

Para dispersión a través de líquidos Bq ml⁻¹

Para dispersión a través de sólidos Bq g⁻¹

Para dispersión a través de gases Bq m⁻³

Para dispersión a través de superficies Bq cm⁻²

2. UNIDADES RADIODOSIMÉTRICAS

2.1 EXPOSICIÓN

Se define como la cantidad de radiación X o gamma, capaz de producir en 0.01293 g de aire a condiciones normales de T y P. una unidad electrostática de carga de iones de un mismo signo.

Símbolo **X**

Unidad **Roentgen (R)** 2.58x10⁻⁴ C kg⁻¹

La exposición X es una función del número atómico y de la densidad del medio sobre el cual incide la radiación.

Mide el efecto de los rayos X o gamma con energías hasta 3 Mev sobre un volumen de aire

1 R = 86.9 erg/g de aire

1R = 98 erg/g de tejido blando

2.2. DOSIS ABSORBIDA

Se define como la cantidad de energía media transmitida por radiación ionizante a la materia de masa (dm) contenida en un elemento de volumen (dV).

Dosis Absorbida D es función de la cantidad de energía absorbida por unidad de masa.

$$D = d\varepsilon/dm$$

Símbolo: **D**

Unidades: **Gray [Gy]** 1 J kg^{-1}

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

1 rad es aproximadamente igual a 1 R de Rayos x de energía intermedia en un tejido blando.

2.3 DOSIS EQUIVALENTE

Las radiación sólo puede producir un efecto en la materia en virtud de la energía realmente absorbida a su paso a través de ella. Además, diferentes tipos de radiación impartiendo cantidades iguales de energía en un sistema biológico, producen efectos diferentes. Es decir, los efectos de la radiación sobre la materia no dependen únicamente de la Dosis Absorbida, dependen también del tipo de radiación y de la energía que causa la Dosis.

La Dosis Equivalente, resulta ser entonces, la Dosis Absorbida por un órgano o tejido ponderada por un factor determinado por la calidad de la radiación. Dicho factor se le denomina factor de peso por radiación, W_R , el cual se selecciona dependiendo del tipo y energía de radiación que incide sobre un órgano o tejido.

$$H_{T,R} = W_R D_{TR}$$

Donde D_{TR} : es la Dosis Absorbida sobre el órgano o tejido T, debida a la radiación R. W_R es el factor de peso para el tipo de radiación que incide sobre el órgano o tejido T

Dosis Equivalente:

Símbolo: $H_{T,R}$

Unidad: **Sievert** [Sv] 1Sv = 1 J kg⁻¹

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem} = 100 \text{ rad}$$

Cuando el campo de radiación se compone de diferentes tipos de radiación con diferentes valores de W_R , la dosis equivalente es:

$$H_T = \sum_R W_R D_{TR}$$

FACTORES DE PONDERACIÓN DE LA RADIACION

Tipo e intervalo de energía de la radiación	Factor de ponderación de la radiación, W_R
Fotones de todas la energías	1
Electrones y neutrones de todas la energías	1
Neutrones de energía < 10 keV	5
10 a 100 keV	10
>100 keV a 2 MeV	20
>2 MeV a 20 MeV	10
>20 MeV	5
Protones, no de retroceso >2 MeV	5
Partícula alfa, Fragmentos de fisión, núcleos pesado	20

Los valores de W_R se basan en el tipo y calidad del campo de radiación externo o en el tipo y calidad de la radiación emitida por los radionucleidos incorporados al organismo.

2.4 DOSIS EFECTIVA

Cada órgano o tejido presenta una radiosensibilidad en particular que depende del tipo de células que lo conforman, Cada tipo de célula se caracteriza por su ciclo reproductivo y dependiendo de este, son dañadas de forma diferente por efecto de la radiación.

Para calcular el efecto biológico producido por la radiación se multiplican las dosis equivalentes por un factor de ponderación W_T correspondiente a cada órgano o tejido irradiado, siendo la Dosis Efectiva el resultado de sumar todos los productos correspondientes a cada órgano o tejido de cuerpo, que expresado matemáticamente es:

$$E = \sum_T H_{T,R} \times W_T = \sum W_T \sum D_{T,R} \times W_R =$$

Dosis Efectiva:

Símbolo: **E**

Unidad: **Sievert [Sv]** $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J kg}^{-1}$

Se define como la suma de dosis equivalentes en tejido ponderadas por el factor correspondiente a cada tejido irradiado

$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem} = 100 \text{ rad}$

FACTORES DE PONDERACIÓN DEL TEJIDO PARA INDUCCIÓN DE EFECTOS ESTOCÁSTICOS

Tejido u Órgano	Factor de ponderación del tejido W_T
Gónadas	0.20
Médula ósea (roja)	0.12
Colon	0.12
Pulmón	0.12
Estómago	0.12
Vejiga	0.05
Mama	0.05
Hígado	0.05
Esófago	0.05
Tiroides	0.05
Piel	0.01
Superficies óseas	0.01
Restantes órganos del cuerpo	0.05

EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

1. La célula

Todos los órganos del cuerpo humano se componen de tejidos, formados a su vez por células de diversos tipos. La célula viva, que es la unidad de nuestro complejo sistema biológico, es en sí misma una entidad sumamente complicada. Se compone de protoplasma, que es fundamentalmente agua que contiene una serie de compuestos, entre los que figuran sales inorgánicas, hidratos de carbono, grasas, aminoácidos y proteínas. Dentro de cada célula se encuentra un núcleo que contiene un número característico de cromosomas. Estos cromosomas portan el material genético, que es ácido desoxirribonucleico (ADN). El núcleo es esencial para la vida de la célula y para su reproducción. La porción de protoplasma que queda por fuera del núcleo recibe el nombre de citoplasma; contiene numerosas partículas, alimentos en disolución y enzimas que participan en su metabolismo. Una membrana rodea al núcleo y otra a toda la célula, y ambas ostentan propiedades selectivas de permeabilidad.

2. Acción de las radiaciones ionizantes sobre las células

Cuando las células absorben radiaciones ionizantes tiene lugar procesos de ionización y excitación. Los átomos y las moléculas ionizados y excitados se redisponen formando moléculas estables o inestables o bien radicales libres, con lo que se producen nuevas reacciones químicas con las moléculas contiguas. Estos cambios en cualquier parte de la complicada estructura de la célula pueden dar lugar a una serie de efectos nocivos, como son: inhibición de la división celular, anormalidad en las funciones de la célula, muerte de ésta o alteración de la estructura de los genes de las células reproductoras, que en definitiva podría dar lugar a cambios genéticos. El daño causado depende de la cantidad de energía absorbida, de la velocidad de absorción y del mecanismo seguido por ésta, y es acumulativo a lo largo de prolongados intervalos de tiempo.

2.1 Mecanismos de las radiolesiones y de su reparación

El mecanismo de las radiolesiones es un proceso complejo. La importancia relativa de aquella parte de la célula que haya sido atacada por las radiaciones determina el que célula resulte o no afectada. Por ejemplo, si una de las varias moléculas proteicas contenidas en la célula queda inactivada por efecto de las radiaciones, es

posible que la célula sobreviva. En cambio, si la molécula afectada es el ADN, que es absolutamente esencial para las funciones celulares, el efecto podría ser letal. Corroboran claramente esta afirmación los resultados experimentales, según los cuales una célula haploide, que contiene una sola guarnición de cromosomas (genes), es más sensible a las radiaciones que una célula diploide de la misma especie, que contiene dos guarniciones cromosómicas.

La determinación exacta del daño producido se complica aún más a causa de otros factores, como son las relaciones mutuas entre las células de los tejidos, los procesos de regeneración de éstos y otras reacciones de carácter secundario. La regeneración de los tejidos puede tener lugar de dos formas: una es la restauración de las células parcialmente lesionadas y la otra es la sustitución de las células total o parcialmente lesionadas. Ahora bien, estos procesos de regeneración podrían ser afectados, a su vez, por los daños inducidos por las radiaciones en el propio mecanismo de restauración o reparación.

2.2 Acción directa e indirecta de las radiaciones

La acción directa de las radiaciones sobre las células o sobre determinadas moléculas de interés consiste en los procesos primarios de ionización o excitación que dan lugar a daños directos en tales células o moléculas, independientemente de la naturaleza del medio circundante. Este efecto directo es fácil de observar en procesos como la inactivación de: a) enzimas en estado seco, b) esporas bacterianas, y c) células en estado húmedo congelado. Esta inactivación por acción directa se puede explicar por la teoría del blanco, en la que se supone que únicamente se originan efectos biológicos, cuando se producen una o más ionizaciones (impactos) en el punto sensible o en su inmediata proximidad. Esta teoría ha servido para explicar satisfactoriamente los cambios químicos inducidos por las radiaciones en las sustancias orgánicas, así como la inactivación de macromoléculas, virus y bacterias.

Los efectos indirectos se deben a la interacción de productos químicos intermedios que se originan en el medio acuoso de la célula. Interviene la producción del electrón hidratado (e^-_{aq}), H° , OH° , y H_2O_2 y otras especies reactivas. Estas se difunden a través del medio acuoso y reaccionan con las moléculas críticas contenidas en la célula. La manera en que la acción indirecta contribuye al efecto biológico queda claramente demostrada si se observa la reducción de

radiosensibilidad que se produce cuando el medio contiene sustancias que eliminan estos radicales. El aumento de la sensibilidad por un factor de 2.5 aproximadamente, que se observa por lo regular cuando en el medio se halla presente oxígeno disuelto, a diferencia de las condiciones de ausencia del mismo, se atribuye a la mayor producción de peróxido de hidrógeno y de ciertos peróxidos orgánicos en presencia de oxígeno.

Los dos mecanismos anteriormente descritos no se excluyen mutuamente, antes bien, pueden resultar complementarios. Tanto en la acción directa como en la indirecta, se induce una cadena de reacciones químicas que puede dar lugar a un efecto biológico considerable. Partiendo de la base de estos mecanismos, son de esperar los resultados que se describen en los párrafos siguientes:

2.3 Relación dosis - efecto

a) Para determinar cómo varía la respuesta al aumentar la dosis, se estudia generalmente el efecto de las radiaciones sobre alguna función biológica determinada, por ejemplo la supervivencia, y el resultado se representa gráficamente en forma de curva de supervivencia. Cuando la pérdida de actividad biológica se deba al paso de una partícula cargada a través del blanco biológico o por su proximidad, o cuando la inactivación de una molécula haya sido causada por un radical, la curva de supervivencia será exponencial. La inactivación de macromoléculas, virus y bacterias sigue este modelo.

b) Cuando se requiere el paso de varias partículas ionizantes a través de los blancos sensibles (impactos múltiples), o hayan de quedar inactivados varios blancos antes de que pueda quedar afectada una función biológica determinada, es de esperar una curva de supervivencia exponencial sigmoidea. Estas curvas de supervivencia son corrientes en las células de los organismos superiores. La alteración de la capacidad reproductora en las células de los mamíferos, la frecuencia de las aberraciones cromosómicas y la supervivencia de los organismos en conjunto se ajustan a ese modelo. Es complicado expresar en términos cuantitativos las curvas de supervivencia correspondientes a estos sistemas, debido a la existencia de los mecanismos de reparación y de los demás factores que intervienen.

c) Dosis idénticas de radiaciones de diferentes calidades y tipos darán lugar a efectos biológicos también diferentes, debido a los distintos valores de la

transferencia lineal de energía (TLE) a lo largo de los recorridos de las diversas calidades y tipos de radiación (se define la TLE como la entrega de energía, por unidad de longitud, de una partícula ionizante que atraviesa un medio) y a la distribución de los sucesos primarios efectivos. En el caso de la inactivación molecular, viral y bacteriana, la Eficacia Biológica permanece constante para valores bajos de la TLE y decrece de un modo continuo en la región de valores altos de TLE. En las células de los mamíferos, la eficacia biológica aumenta gradualmente con la TLE, alcanza un máximo en el caso de radiaciones muy intensamente ionizantes y decrece a continuación al seguir aumentando la TLE.

Del estudio de estos mecanismos resulta evidente que hay ciertos factores físicos que influyen sobre los efectos biológicos, como son el tipo, la calidad y la cantidad de la radiación, su distribución en el tiempo, su distribución en el organismo, y el que la fuente de radiación se encuentre en el exterior o en el interior de éste. Dependen también tales efectos de factores a su vez de carácter biológico, como son el grado de oxigenación y el contenido de agua de un tejido, y su estado metabólico. Cuando se trata de radionucleidos depositados internamente, la emisión de radiaciones va acompañada con frecuencia de efectos de retroceso o de transmutación en átomo que posee nuevas propiedades químicas. Por ejemplo, el P-32, incorporado se transmuta en S-32 y este cambio químico en un punto importante de una macromolécula puede tener serias consecuencias para la vitalidad de la célula.

La relación dosis - efecto difiere según los distintos tipos de efectos radiológicos en los organismos superiores y en el hombre. Los efectos genéticos están relacionados linealmente con la dosis de radiación: Otros efectos, como la producción de roturas en los cromosomas y la posterior adhesión o aglutinamiento de éstos, dependen directamente de la intensidad de dosis: el efecto es tanto mayor cuanto más elevada es la intensidad.

3. Efectos somáticos y genéticos

3.1 Efectos somáticos

Los efectos somáticos se refieren a aquellas lesiones experimentadas por las células, que afectan a la continuidad de las funciones del organismo, como sucede en el caso de las células sanguíneas y de la médula ósea. A continuación se

enumeran algunos de los efectos somáticos originados por la exposición a radiaciones:

a) Efectos agudos locales

- 1) Lesiones de la piel, eritema, caída del cabello y necrosis de la piel y de los tejidos internos.
- 2) Esterilidad temporal o permanente, causada por irradiación de las gónadas.
- 3) Reproducción aminorada o anormal de tejidos proliferativos, como el epitelio del tracto gastrointestinal y el tejido hematopoyético.
- 4) Alteración de las funciones del sistema nervioso y de otros sistemas diferenciados.

b) Efectos agudos generalizados

Síndrome agudo de irradiación; ver cuadro

c) Efectos tardíos como consecuencia de una sola exposición intensa o de una exposición crónica

- 1) Lesiones crónicas de la piel, que pueden ser de carácter ulceroso o canceroso.
- 2) Cicatrices locales atróficas o procesos distróficos en órganos y tejidos expuestos a una irradiación intensa.
- 3) Cataratas en el cristalino
- 4) Osteosarcomas debidos a la irradiación del tejido ósea
- 5) Cáncer de pulmón, causado por inhalación y depósito de sustancias radiactivas en los pulmones.
- 6) Anemias aplásticas causadas por radiolesiones de la médula ósea.

7) Leucemia, enfermedad maligna en la que aumenta el número de diferentes clases de glóbulos blancos de la sangre.

d) Posibles efectos tardíos (observados en experimentos con animales, pero no en el hombre)

1) Acortamiento de la vida y envejecimiento prematuro.

2) Mayor incidencia de los tumores

En que se refiere a los efectos agudos que se producen inmediatamente a causa de la exposición, se comprende bastante bien la relación entre dosis y efecto en la mayoría de los casos; en general, se pueden establecer la dosis y la intensidad de dosis mínimas que producirán un efecto apreciable. En cambio, por lo que respecta a los efectos tardíos, se conoce muy poco en la actualidad acerca de esta relación. Para que se produzcan determinados efectos, como el cáncer en la piel, de los huesos o del pulmón, o las cataratas, son necesarias dosis elevadas. En cuanto a otros efectos, como la anemia aplásica y la leucemia, no se sabe si existe en absoluto una dosis umbral.

3.2 Efectos genéticos

Los efectos genéticos se refieren a las lesiones de las gónadas que son causa de que se propaguen características genéticas a las generaciones siguientes. Como ya se ha indicado, los tejidos de las gónadas son más sensibles a las radiaciones. La irradiación de las células germinales puede causar mutaciones que se manifiesten en generaciones posteriores

Las mutaciones, una vez ocurridas, son permanentes. La gran mayoría de las mutaciones observadas son perniciosas. No se tienen pruebas concluyentes sobre si existe o no una dosis umbral para las mutaciones. Las dosis pequeñas podrían ser acumulativas y el resultado final no manifestarse hasta muchas generaciones más tarde.

EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Dosis agudas (rads)	Efectos posibles
0 - 25	Ninguna lesión evidente
25 - 50	Posibles cambios en la sangre, pero ninguna lesión grave,
50 - 100	Cambios en las células de la sangre, alguna lesión, ninguna invalidez
100 - 200	Lesión, posible invalidez
200 - 400	Certeza de lesión e invalidez, posible muerte
400 - 500	50% de mortalidad en 30 días
600 ó más	Probablemente mortal para el 95% de las víctimas

4. Fuentes de información sobre los efectos

- Experiencias de Nagasaki e Hiroshima
- Accidentes con radiaciones consecuencia de ensayos nucleares o de aplicaciones de la energía nuclear con fines pacíficos.
- Irradiación deliberada con fines terapéuticos, para el tratamiento de enfermedades malignas o como preparación para transplante de órganos.
- Información obtenida en experimentos con animales extrapolados al caso del hombre.

5. Mecanismos celulares básicos

Los efectos no estocásticos más importantes en los tejidos y órganos se deben a lesiones celulares y a la consiguiente pérdida de la capacidad reproductiva de las células embrionarias específicas de un órgano.

La integridad y funcionamiento de la mayor parte de los órganos y tejidos adultos dependen en parte de la reposición de células diferenciadas y esta respaldado por un equilibrio constante entre la formación, la proliferación, diferenciación y muerte de las células.

5.1 Ritmo de renovación celular

- ◆ Sistemas de renovación rápida: Días o semanas : *médula ósea, epitelio del tubo gastrointestinal, la piel y los testículos.*
- ◆ Sistemas de renovación condicional: las células supervivientes reemplazan rápidamente por proliferación a las células destruidas.

- ◆ Renovación normalmente nula o lenta: *hígado y riñón*
- ◆ Sistemas estáticos: no existe reemplazo por división celular; *células del sistema nervioso central*.

Los efectos aparecen más rápidamente en los sistemas de renovación rápida, puesto que la irradiación altera la cinética de la proliferación celular. Un factor importante en la dosis a la cual se producen destrucciones graves de los tejidos es la radiosensibilidad intrínseca de los blastocitos para la pérdida de su capacidad de proliferación y la aptitud de las células supervivientes para reparar los daños subletales.

Lo anterior se observa cuando las dosis de radiación se dividen en dos o más fracciones espaciadas temporalmente. la dosis total para matar un porcentaje determinado de células aumenta a medida que es mayor el número de fracciones o frecuencia de irradiación sobre un tejido.

5.2 Efectos localizados

Irradiación de la piel

Las reacciones iniciales de la piel son de distinto nivel y se denominan, por orden creciente de gravedad: *eritema, descamación seca, descamación húmeda, escoriamento en capas y ulceración crónica*; se deben a la despoblación celular de la capa basal del epitelio y el plazo de aparición es más o menos proporcional al de renovación de tejidos no irradiados.

6. Sistema de Limitación de Dosis

6.1 Los límites de dosis recomendados se aplican a las exposiciones atribuibles a actividades humanas que introducen fuentes de exposición que aumentan la probabilidad de exposición de personas, o el número de personas expuestas., con excepción de las exposiciones médicas y de las exposiciones causadas por fuentes naturales que no puedan razonablemente considerarse sometidas a la responsabilidad de las partes.

6.2 Los límites de dosis no son aplicables para el control de exposiciones potenciales.

6.3 Límites de dosis

6.3.1 Exposición ocupacional

La exposición ocupacional de todo trabajador deberá controlarse de forma que no se rebasen los siguientes límites:

- a) Una dosis efectiva de 20 mSv por año como promedio en un periodo de cinco años consecutivos;
- b) Una dosis efectiva de 50 mSv en cualquier año;
- d) Una dosis equivalente al cristalino de 150 mSv en un año;
- e) Una dosis equivalente a las extremidades (manos y pies) o a la piel de 500 mSv en un año

En el caso de aprendices de 16 a 18 años que reciban formación para un empleo que implique exposición a la radiación, y en el de los estudiantes de 16 a 18 años que tengan que utilizar fuentes en el curso de sus estudios, la exposición ocupacional deberá controlarse de manera que no se sobrepasen los siguientes límites:

- a) una dosis efectiva de 6 mSv en un año;
- b) una dosis equivalente al cristalino de 50 mSv en un año;
- c) una dosis equivalente en las extremidades o la piel de 150 mmSv en un año.

6.3.2 Exposición del público

Las dosis promedio estimadas para el grupo de personas del público más expuestas, que sean atribuibles a las prácticas que involucran fuentes radiactivas no deben sobrepasar los siguientes límites:

- a) una dosis efectiva de 1 mSv en año;
- b) en circunstancias especiales, una dosis de hasta 5 mSv en un solo año, a condición de que la dosis promedio en cinco años consecutivos no exceda 1 mSv por año;
- c) una dosis al cristalino de 15 mSv en un año;
- d) una dosis equivalente a la piel de 50 mSv en un año.

DISTANCIA, TIEMPO Y BLINDAJE

Introducción

La acción lesiva de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos, ha conducido a la fijación de criterios y límites para las dosis que puedan recibir los seres humanos. Para los trabajadores ocupacionalmente expuestos se ha establecido el criterio de procurar que las dosis que se reciban sean tan bajas como razonablemente sea posible de alcanzar, las mismas deben ser siempre inferiores a los límites recomendados. Estos criterios se extienden también al público en general, a fin de reducir a un mínimo la dosis que puedan recibir como consecuencia de la utilización de las radiaciones ionizantes en toda actividad profesional.

Los límites recomendados pretenden eliminar totalmente los efectos que aparecen sobre el individuo, como resultado de la sobreexposición (efectos no estocásticos o determinísticos) y reducir a un mínimo la aparición de efectos (estocásticos o probabilísticas) diferidos en el tiempo, sobre el individuo.

Existen tres procedimientos básicos para radiaciones gamma, que permiten alcanzar razonablemente los objetivos expuestos, estos son:

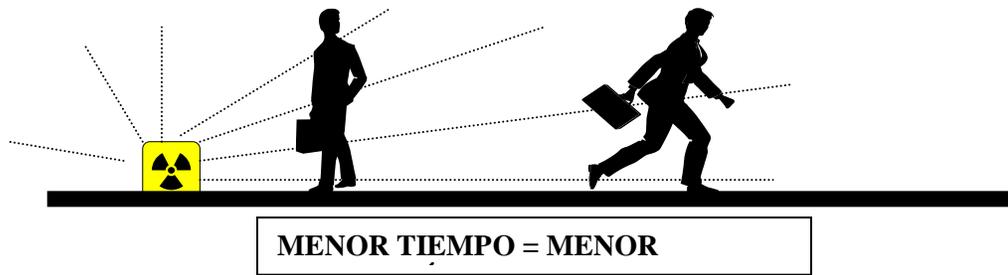
- Tiempo mínimo de exposición al campo de radiación
- Distancia máxima entre fuente y persona
- Blindaje adecuado entre fuente y persona

1. Tiempo

La dosis equivalente, H , que recibe una persona al permanecer un tiempo t , en un área radiactiva, en la que la tasa de dosis es \hat{H} , será:

$$H = \hat{H}t$$

De la anterior fórmula se deduce que cuanto menor sea el tiempo empleado en efectuar una operación dada dentro de un campo de radiación, menor será la dosis recibida.



Problema: Se sabe que no se debe sobrepasar 50 mSv en un único año. ¿Cual será la Máxima tasa de dosis equivalente en una instalación, para que ningún trabajador sobrepase el límite mencionado?

Sln. Se supone que un trabajador en términos generales permanece en su puesto de trabajo, 50 semanas al año, 5 días a la semana y 8 horas día. Entonces el numero de horas trabajadas en el año son:

$$N = 50 \times 5 \times 8 = 2000 \text{ horas; entonces}$$

$$H = \hat{H} \times t \Rightarrow \hat{H} = H/t = 0.025 \text{ mSv/h}$$

Muchos otros problemas con referencia al tiempo de permanencia se resolverán aplicando la ecuación planteada.

El tiempo que debe permanecer una persona en una zona con niveles altos de radiación depende en general de:

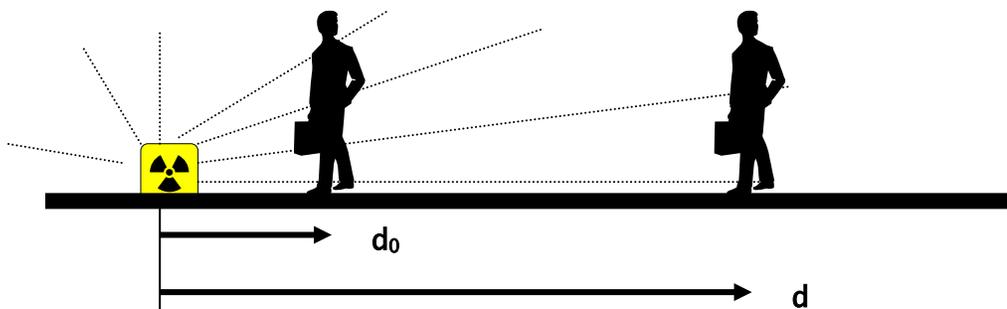
- Tipo de tarea que realiza;
- De la destreza personal del operador

Conviene entonces, que el personal realice ensayos con fuentes simuladas o de baja actividad.

2. Distancia

La radiación ionizante proveniente de una fuente de pequeñas dimensiones, se propaga en aire en línea recta y de tal modo que pierde intensidad con el inverso del cuadrado de la distancia. Matemáticamente se puede expresar como:

$$\hat{H} = \Gamma x A/d^2$$



MAYOR DISTANCIA = MENOR EXPOSICIÓN

Haciendo referencia a la figura y teniendo en cuenta que la actividad de la fuente es la misma y que Γ única para cada tipo de núcleo se puede establecer la siguiente relación:

$$\hat{H}/\hat{H}_0 = (d_0/d)^2$$

Donde \hat{H} y \hat{H}_0 son las tasas de dosis equipos equivalente a la distancias respectivas, d_0 y d , de la fuente.

La dosis equivalente que se recibe en un mismo intervalo de tiempo a 1 metro de distancia, libre de obstáculos, procedente de una fuente puntual, disminuye en una cuarta parte al alejarse hasta dos metros de esta.

Problema: La tasa de exposición que produce una fuente radiactiva a 3 metros es de 100 mrad/hora. ¿Cuál será la tasa de exposición a 90 cm?. En protección radiológica para radiación gamma y X, exposición, Dosis absorbida y Dosis equivalente se consideran aproximadamente iguales.

$$X = D = H$$

$$\hat{H}/\hat{H}_0 = (d_0/d)^2 \text{ entonces } \hat{H} = 100(3/0.9)^2 = 1.1 \text{ mR/h}$$

Igualmente, puede encontrarse solución a otros problemas aplicando la ecuación en todas sus posibles formas de expresarla.

3. Blindaje

Existen muchas situaciones en las que la combinación de los factores tiempo y distancia, no bastan para alcanzar las condiciones de trabajo adecuadas, ya sea porque la máxima distancia aplicable no sea la adecuada para efectuar la operación deseada, o por que el tiempo de operación necesario resulta demasiado largo. En tales casos debe interponerse un blindaje adecuado entre el operador y la fuente. El blindaje debe ser tal que atenúe hasta un valor conveniente el nivel de radiación que llega al operador.



Los materiales adecuados para blindar radiación gamma resultan ser los de mayor número atómico y por tanto los más densos.

El blindaje es más efectivo y de menores dimensiones alto y ancho entre más cercano este a la fuente, incrementándose así, la zona protegida.

La radiación al interactuar con los obstáculos se dispersa en todas las direcciones, lo que implica en el blindaje tener en cuenta dicha radiación dispersa.

TRANSPORTE DE MATERIAL RADIATIVO

INTRODUCCIÓN

Para el transporte de Sustancias Peligrosas y en particular las de Clase 7, Materiales Radiactivos, se han establecidos normas y regulaciones que en su conjunto buscan como objetivo, la protección del público en general, los trabajadores del transporte y al medio ambiente de los efectos nocivos que estas puedan causar.

Este objetivo se logra teniendo en cuenta:

- **contención eficaz del material radiactivo**

- *limitando la cantidad del material radiactivo en un bulto.*

- *controlando la forma del material radiactivo*

- *diseño adecuado y resistente de los embalajes*

- **control eficaz de la exposición externa de los trabajadores y del público en general**

- *limitando la tasa de exposición en superficie y a un metro la superficie del bulto.*

- **prevención de la criticidad nuclear**

- *limitando la cantidad material fisiónable en un bulto.*
- *teniendo en cuenta la geometría y distancia adecuada al estibar los bultos.*
- **previando los daños causados por calor emanado de los bultos.**
- *dispositivos de disipación de calor*

Con este fin se han diseñado embalajes, etiquetas y documentos de transporte que permitan garantizar el cumplimiento o consecución de los objetivos durante las operaciones de transporte.

Nuestro propósito es revisar y reconocer los tipos de bultos, las categorías de los mismos y los documentos de transporte especificados en las regulaciones nacionales para dicha actividad.

1. TIPOS DE BULTOS

un bulto, se define como el embalaje con su contenido radiactivo tal como se presenta para el transporte, dependiendo de la Radiotoxicidad y Actividad del Material Radiactivo, estos se clasifican en :

1.1 BULTOS EXCEPTUADOS:

Diseñados para el transporte de pequeñas cantidades de Materiales Radiactivos caracterizados por:

- Nivel de Radiación a 10 cm; menos de 0.1 mSv/h (10 mrem/h)
- Pueden manipularse y estibarse correctamente, sin que pierdan su integridad por choques, vibraciones o por descomposición radiolítica de sus componentes.

Generalmente pueden enviarse por vía postal y solo se les exige garantizar que al abrir el bulto se identifique su contenido radiactivo.

1.2 BULTOS INDUSTRIALES:

Diseñados para el transporte de Objetos Contaminados en Superficie y materiales de Baja Actividad Específica

Se caracterizan por:

- Contenido radiactivo por unidad de masa bajo 10 mSv/h A 3 m.
- Contaminación superficial inofensiva,

1.2.1 Bultos Industriales Tipo 1 (BI-1)

1.2.2 Bultos Industriales Tipo 2 (BI-2)

1.2.3 Bultos Industriales Tipo 3 (BI-3)

1.3 BULTOS TIPO A

Diseñados para el transporte de cantidades relativamente pequeñas de materiales radiactivos.

Actividad máxima a transportar se encuentra en tablas, ver valores para algunos materiales, y depende de la forma física y de cada núcleo a transportar.

Material	Forma especial		Abierta	
	A ₁ -TBq	A ₁ - Ci	A ₂ - TBq	A ₂ - Ci
Ir-192	1	20	0.5	10
Cs-137	2	50	0.5	10
Co-60	0.4	10	0.4	10
Am-241	2	50	2x10 ⁻⁴	5x10 ⁻³

Los materiales de diseño de los bultos tipo A, son:

- Materiales ligeros, de baja resistencia.
- Soportan ensayos para condiciones normales de transporte,
 - caídas desde pequeñas alturas, compresión por cargas, caídas de objetos pesados sobre el bulto, percusión por objetos agudos, etc.

Se prevé que en un accidente de mediana magnitud puede ocurrir:

- Destrucción total del blindaje
- Escape 0.001 parte del material radiactivo
- A 3 metros causar una dosis de 3 rem (9 rem/h a 1 m)
- Incorporación de material radiactivo no es mayor del 50% del ALI

1.4 BULTOS TIPO B:

Diseñados para el transporte de cantidades de materiales radiactivos mayores que **A₁ ó A₂**,

El límite de Actividad es fijado por el diseño del bulto y se encuentra en la placa o marca del bulto.

- Soportan ensayos para condiciones normales y accidentales de transporte.
 - Varios impactos
 - Penetración
 - Fuego a 800 °C 30 min.
 - Inmersión en agua (15 m, 8 h)

1.4.1 Bultos Tipo B(U): requieren aprobación de la autoridad competente del país que remite la remesa.

1.4.2 Bultos Tipo B(M): requieren aprobación multilateral o sea de los países de origen y destino y de los países a través de los cuales se efectúa el tránsito del material.

1.5 BULTOS TIPO C

Diseñados para materiales radiactivos de alta actividad transportados por avión
Deben resistir:

- Ensayos más exigentes que los bultos Tipo B

- Todos los aplicables a bultos Tipo B
- Perforación y desgarradura
- Fuego a 800 °C 60 min.
- Inmersión en agua (200 m, 8 h)
- Caída libre 90 m/s

2. MEDIOS DE ADVERTENCIA SOBRE RIESGOS

Su objetivo es informar a transportistas y destinatarios, trabajadores del transporte, servicios de emergencia y autoridades competentes sobre la presencia y magnitud del riesgo.

2.1 Etiquetas de transporte

Indican la magnitud y tipo de riesgo y son útiles en la decisión de cómo manipular, estibar y almacenar los bultos.

Se coloca una etiqueta en dos caras opuestas del bulto.

Dependiendo de la exposición en superficie y a un metro del bulto, estos se clasifican en categorías a saber:

2.1.1 CATEGORIA I-BLANCA:

Aquellos bultos que cumplen con las siguientes índices de exposición:

- ❖ En cualquier superficie: $0.005 < H$ mSv/h
 0.5 mrem/h

 - ❖ A un metro de cualquier superficie: $0.05 < I.T$ mrem/h
- Donde **I.T** es el **Índice de Transporte**

Cuando este valor es menor que 0.5 mrem/h Se considera **cero** y no se pone en la etiqueta.



Etiqueta para bultos Categoría I - BLANCA

2.1.2 CATEGORIA II-AMARILLA:

Aquellos bultos que cumplen con las siguientes índices de exposición:

En cualquier superficie: $0.005 < H < 0.5$ mSv/h.
 $0.5 < H < 50$ mrem/h

A un metro de cualquier superficie: $0.05 < I.T < 1$ mrem/h

Si la medida **I.T** es en mSv/h, multiplicar por 100

2.1.3 CATEGORIA III-AMARILLA:

En cualquier superficie: $0.5 < H < 2$ mSv/h.
 $50 < H < 200$ mrem/h

A un metro de cualquier superficie: $1 < I.T < 10$ mrem/h

En un lote de bultos el **I.T no debe ser mayor a** 50 mrem/h

NOTA: El índice de transporte se expresa en mrem/h y no se le colocan la unidades



Etiqueta para bultos Categoría II - AMARILLA



Etiqueta para bultos Categoría III - BLANCA

2.2 Marcas en los bultos

En alguna superficie visible del bulto, se debe indicar la siguiente información:

- ❖ Tipo de Bulto (Tipo A // Tipo B[U])
- ❖ Trebol
- ❖ Peso si es mayor que 50 kg
- ❖ Modelo y Número de serie del bulto
- ❖ Marca de la Autoridad Competente

Si el bulto es Tipo B o C, estas marcas deben ser resistentes al agua y al fuego.

2.3 Documentos de expedición

Son documentos aprobados por la autoridad competente, en los cuales se consignan los detalles de la remesa a saber:

- Nombre correcto de la remesa; depende de la remesa.
- Numero de clase asignado por Naciones Unidas al tipo de sustancia especial a transportar; Clase 7.
- Numero de Naciones Unidas asignado al nombre correcto de la remesa; depende del nombre correcto de la expedición.
- Numero de Bultos
- Nombre Químico y estado físico del material
- La actividad en TBq

- Categoría a que pertenece el bulto
- Modelo y número de Serie del bulto
- Instrucciones importantes sobre los cuidados especiales durante el transporte, generalmente ninguna.

3. TRANSPORTE DE FUENTES RADIATIVAS POR CARRETERA

1. Vehículos y bultos deben llevar etiquetas y rótulos adecuados, si es pertinente. Caras laterales y trasera del vehículo. Dos caras opuestas del bulto.
2. Exposición en cualquier superficie externa del vehículo debe ser inferior a 200 mrem/h (2 mSv/h)
3. Exposición en la cabina del conductor y acompañantes debe ser inferior a 2 mrem/h (0.02 mSv/h)
4. El embalaje y/o bulto debe ir anclado en el vehículo, de modo que impida desplazamientos durante el transporte.
5. Documento de transporte; certificados de aprobación del modelo del Bulto y de la fuente.
 - Nombre correcto de la remesa; Número de clase; Número de Naciones Unidas asignado al nombre correcto de la remesa; Número de Bultos; Nombre Químico y estado físico del material; La actividad; Categoría a que pertenece el bulto; Modelo y número de Serie del bulto; Instrucciones importantes sobre los cuidados especiales durante el transporte.
6. Disponer de instrumentos y herramientas necesarias para situaciones de emergencia
 - Dosímetros personales y de medida directa de la radiación
 - las normales para enfrentar una emergencia de carretera.

12. GLOSARIO DE TERMINOS

Para el Universo y Población expuesta entiéndase

Prestadores de Servicios de Salud a los grupos de práctica profesional, los profesionales independientes y todas las personas, organizaciones o establecimientos que presten servicios de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación en salud.

Accidente: Todo suceso involuntario, incluidos los errores de operación. Fallas de equipo u otros contratiempos, cuyas consecuencias reales o potenciales no sean despreciables desde el punto de vista de la protección o seguridad.

Acelerador: Dispositivo que acelera partículas cargadas (pe. protones o electrones) a altas velocidades, usado con frecuencia para la producción de determinados radionucleidos o tratamiento de pacientes de radioterapia.

Actividad: Magnitud A correspondiente a una cantidad de radionucleido en un estado determinado de energía, en un tiempo dado, definida por la expresión:

$$A = \frac{dN}{Dt}$$

Siendo dN el valor esperado del número de transformaciones nucleares espontáneas a partir de ese estado determinado de energía, en el intervalo de tiempo dt. En el SI, la unidad de actividad es la inversa de segundo (s^{-1}), que recibe el nombre de becquerel (Bq).

Activación: Mecanismo por el cual un átomo que no es radiactivo se convierte en otro que lo es al someterse a un proceso de irradiación con neutrones o partículas cargadas. Los rayos gamma sólo producen activación cuando son de alta energía, por lo que, habitualmente, las sustancias que se someten a la radiación gamma no se vuelven radiactivas.

Actividad específica. Número de desintegraciones por unidad de tiempo y por unidad de masa de materia.

Agua pesada: Agua en la que el hidrógeno que la forma está reemplazado o enriquecido en el isótopo deuterio (en cuyo núcleo hay un neutrón además del protón del hidrógeno ligero).

Alara: Siglas inglesas de la expresión "Tan bajo como sea posible".

Almacenamiento de residuos/temporal-definitivo: acción de conservar los residuos radiactivos en lugares específicamente diseñados para tal fin. Hay almacenamientos temporales, es decir, lugares que permiten el almacenamiento durante el tiempo necesario para que la actividad de los residuos radiactivos que contengan hasta unos valores fijados previamente; los almacenamientos temporales están pensados para permitir la vigilancia del lugar y la recuperación de los residuos que contienen. También existen los almacenamientos definitivos, lugares que se evalúan como suficientemente seguros como para que se depositen en ellos los residuos radiactivos sin intención previa de recuperarlos.

Antropogammimetría: Medida de la cantidad de sustancia radiactiva incorporada por una persona mediante la detección externa de la radiación que aquella emite.

Área Controlada: Es un área definida en la cual la exposición ocupacional a las radiaciones, está bajo control de supervisor. Esta definición implica que un área controlada, es aquella que requiere control de acceso, ocupación y condiciones de trabajo para propósitos de protección contra las radiaciones, por ejemplo: Un área controlada no incluye algunas áreas usadas como cuartos de descanso, sin embargo cuartos de edificaciones residenciales pueden ser utilizadas como consultorios, por lo tanto se deberán considerar como áreas controladas. El consultorio odontológico, un pasadizo público, un corredor de tránsito a través del consultorio o adyacente al mismo, si son usados por el público, no se podrán considerar como áreas controladas.

Área no Controlada: Cualquier espacio que no reúna las condiciones definidas en área controlada.

Área Ocupada: Área que está o puede ser ocupada por personas.

Atenuación: Es la reducción de la rata de exposición al paso de la radiación a través de la materia.

Barrera Protectora Primaria: Barrera con espesores suficientes para atenuar el haz directo de radiación al grado requerido.

Átomo: Cada uno de los corpúsculos de que está constituido un elemento químico. Consta de un núcleo, formado especialmente por neutrones y protones y una certeza de electrones.

Barrera de seguridad: Conjunto de componentes, sistemas o normas administrativas usadas en instalaciones nucleares o radiactivas para prevenir accidentes. En una central nuclear se habla, generalmente, de tres barreras de seguridad: la vaina de la varilla de combustible, la vasija del reactor (circuito primario) y la contención. A veces se añade como primera barrera la propia pastilla de combustible que por su tratamiento permite retener, en condiciones de funcionamiento normales, gran parte de los productos de fisión generados.

Barrera Protectora: Barrera cuyos materiales de construcción absorben la radiación. Se emplean para reducir la exposición.

Barrera protectora primaria: Barrera con espesores suficientes para atenuar el haz directo de radiación al grado requerido.

Barrera Protectora Secundaria: Barrera con espesores suficientes para atenuar la radiación de fuga al grado requerido.

Blindaje: Material o estructura cuyo fin es reducir o atenuar un haz de radiaciones ionizantes.

Bacquerel: Unidad de la actividad; es la actividad de una cierta cantidad de material radiactivo que sufre una desintegración atómica espontánea cada segundo.

Bomba de cobalto: Equipo para radioterapia en el que se utiliza la radiación gamma emitida por una fuente intensa de Cobalto-60 que se contiene dentro del propio equipo.

Braquiterapia: Técnica terapéutica consistente en incorporar al organismo del paciente fuentes radiactivas en zonas tumorales muy definidas, basándose en el principio de que la tolerancia a la radiación está en relación inversa al volumen irradiado.

Cámara de ionización: Dispositivo utilizado en la detección de radiaciones ionizantes o en la medición de dosis o tasa de dosis, la cual consta de una cámara de aire, en la que ocurre la ionización en presencia de las radiaciones ionizantes.

Carga de trabajo: En este reporte, el uso de máquinas de rayos X, cuando se expresa en miliamperios /segundo/semana (mAs/semana).

Cobaltoterapia: Terapia en la que se utilizan las radiaciones gamma de una fuente encapsulada de Cobalto-60 de alta actividad.

Colimación: Es la restricción del haz útil de radiación a un área aproximada.

Compuesto luminiscente. Todo material luminiscente que contenga una sustancia radiactiva.

Cono Apuntador: Artefacto usado para indicar la dirección del haz de radiación y para establecer la distancia mínima fuente - piel. El cono puede ser cilíndrico, cónico o truncado.

Conos: Artefacto usado para indicar la dirección del rayo y establecer la distancia mínima fuente - superficie. Puede o no incorporarse un colimador, tiene forma cónica o cilíndrica.

Contaminación: Presencia de sustancia radioactiva dentro de una materia o en su superficie, en el cuerpo humano o en otro lugar en que nos sean deseables o pudieren ser nocivas.

Contaminación radioactiva. Es la adición de sustancias radioactivas a una materia o ambiente cualquiera (atmósfera, agua, local, objeto, organismo vivo, etc.); en el caso particular de los trabajadores comprende tanto la contaminación externa cutánea como la contaminación interna realizada por cualquier vía (respiratoria, digestiva, percutánea, etc.).

Contención: Estructura utilizada para albergar en su interior instalaciones nucleares o radiactivas para disminuir la posibilidad de contaminación del medio ambiente. En centrales nucleares, la contención está formada por una chapa de acero de revestimiento y un recubrimiento de hormigón de 90 cm de espesor y contiene en su interior el reactor y el circuito primario.

Contenedor: Recipiente diseñado para contener combustible gastado o material radiactivo con el fin de facilitar su transporte o almacenamiento.

Curie. Es la unidad de radioactividad equivalente a la emitida por un gramo de radio; o también la cantidad de un núclido radioactivo cualquiera cuyo número de desintegraciones por segundo es de 30700×10^{10} .

Daño Nuclear: Pérdidas de vidas humanas, lesión corporal o perjuicio material que se produce como resultado directo o indirecto de la radiactividad o de su combinación con las propiedades tóxicas, explosivas u otras peligrosas de los materiales radiactivos o de cualquier otra fuente.

Delantal de Protección: Delantal fabricado con materiales que absorben la radiación. Se emplean para reducir la exposición.

Desechos radioactivos: Material, sea cual fuera su forma física, que quedan como residuos de prácticas o intervenciones y para las que no se prevé ningún uso i) que contienen o están contaminadas por sustancias radioactivas y presentan una actividad o concentración de actividad superior a nivel de dispersa

de los requisitos reglamentarios y ii) la exposición a las cuales no están excluidas de las NBS.

Desintegración: Fenómeno nuclear en el que un átomo radiactivo disminuye su masa y/o su nivel de energía de forma espontánea, lo que se manifiesta en la emisión de radiaciones ionizantes. Las formas más frecuentes de desintegración son la emisión de partículas alfa, partículas beta, captura electrónica y fisión espontánea.

Detrimento: daño total que a la larga sufrirán un grupo expuesto y sus descendientes a causa de la exposición del grupo a la radiación de una fuente.

Diafragma: Es una lámina usualmente de plomo, con una abertura central, esta lámina restringe el rayo al área apropiada y al punto de interés.

Distancia Fuente - Película (D.S.F.): Distancia medida a lo largo del rayo central, desde el centro de la superficie de la fuente al centro de la superficie de la película.

Distancia Fuente - Piel (D.F.P.): Es la distancia medida a lo largo del rayo central, desde el centro del frente de la superficie de la fuente hasta la superficie de la piel (Objeto irradiado).

Dosímetro de película: Paquete de películas especiales, en este caso, usadas para monitoreo de las radiaciones con el fin de estimar la exposición a las radiaciones.

Dosis: medida de la radiación recibida o absorbida por un blanco. Según el contexto, se utilizan las magnitudes denominadas dosis absorbida, dosis a un órgano, dosis equivalente, dosis efectiva, dosis equivalente comprometida, dosis efectiva comprometida. Los términos modificativos se suelen omitir cuando no son comprometida para precisar la magnitud de interés.

Dosis Absorbida. Es la cantidad de energía emitida por las partículas ionizantes por unidad de masa de la sustancia irradiada en el punto considerado. Cualquiera que sea la naturaleza de la radiación ionizante utilizada. La unidad de dosis absorbida es el rad: un rad equivale a 100 Ergios/gr.

Dosis colectiva: Dosis colectiva es la dosis efectiva a que ha resultado sometido un cierto grupo de personas. Se mide en sievert por persona (Sv.p.). La unidad antigua era rem por persona: $1 \text{ Sv.p} = 100 \text{ rem.p}$.

Dosis colectiva comprometida: Dosis comprometida que recibirá un cierto grupo de personas durante los próximos 50 años. Se mide en sievert por persona (Sv.p). La unidad antigua era rem por persona: $1 \text{ Sv.p} = 100 \text{ rem.p}$.

Dosis comprometida: Es la dosis efectiva que recibirá una persona durante los próximos 50 años (70 años en el caso de los niños) a consecuencia de la cantidad de material radiactivo que ha incorporado a su organismo. Se mide en sievert (Sv); la unidad antigua era el rem: $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$.

Dosis Equivalente: Se define como el producto de la dosis absorbida en rads con ciertos factores de modificación. La unidad de dosis equivalente es el "Rem". La dosis equivalente en rem, puede ser considerada numéricamente equivalente a la dosis absorbida en rads y la exposición en Roentgens). Esta dosis se aplica únicamente en el campo de protección radiológica.

Dosis efectiva(dosis equivalente efectiva): En la dosis equivalente ponderada (corregida proporcionalmente) por la diferente sensibilidad de los distintos órganos y tejidos del cuerpo humano. Los factores de corrección se llaman factores de ponderación de los tejidos. Se mide en sievert (Sv): $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/Kg}$. La unidad antigua era el rem: $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$. Hasta hace poco este término se denominaba "dosis equivalente efectiva", pero las últimas recomendaciones de la CIPR han simplificado la denominación.

Dosis genética: Es la dosis que guarda relación con la carga genética de una población y se calcula por el producto de la dosis anual genéticamente significativa y la edad media de procreación, que se estima en 30 años.

Dosis genéticamente significativa: Para una población, es igual a la medida de las dosis individuales. Cada dosis individual se calcula ponderando la dosis recibida en las gónadas teniendo en cuenta el número probable de hijos/as que pueden ser engendrados después de la exposición.

Dosis Máxima Permisible Equivalente (D.M.P.): Para efectos de protección radiológica, es la dosis máxima equivalente que una persona o una parte específica, se acepta que pueda recibir en un determinado periodo de tiempo. Para efectos de protección radiológica, la dosis equivalente en rems puede ser considerada numéricamente igual a la dosis absorbida en rads y a la exposición en roentgens.

Dosis de exposición a los rayos X o Rayos Gamma. Es la medida de radiación en un punto determinado a partir de las propiedades ionizantes de ésta.

Dosimetría: Sistema para la medida y registro de la dosis absorbida.

Dosímetro: Instrumento o dispositivo que permite medir o evaluar una dosis absorbida, una exposición o cualquier otra magnitud radiológica. Los dosímetros emplean distintos procedimientos para las medidas de la dosis: emulsiones fotográficas sensibles a la radiación (dosímetro fotográfico), materiales que absorben la energía de la radiación y después la liberan en forma de luz (dosímetros de termoluminiscencia), sustancias químicas que se transforman en presencia de la radiación (dosímetros químicos, dosímetros de Fricke), un condensador eléctrico (dosímetro de condensador), etc. También hay diferentes tipos de dosímetros de función de su utilización: dosímetro de bolsillo, de solapa, de mano, tipo pluma etc.

Equivalencia del concreto: El espesor del concreto con una densidad de 2.35 gramos /centímetro (147 libras /pie) que produce la misma atenuación bajo condiciones específicas como el material en cuestión (generalmente plomo).

Equivalente de Aluminio: Son espesores de aluminio que producen la misma atenuación, bajo condiciones específicas, como el material en cuestión (generalmente plomo).

Equivalente de dosis (E.D.): Es un término cuantitativo, usado con propósitos de protección radiológica, el cual se expresa en una escala común para toda radiación capaz de producir exposición en las personas.

Equivalente de Plomo: El espesor de plomo que permite la misma atenuación, bajo condiciones específicas del material en cuestión.

Estructura de las Barreras: La protección sugerida para los materiales de protección.

Estudio de Protección Radiológica: Es la evaluación de la seguridad radiológica en una instalación y en los alrededores de ella.

Experto Calificado: Es la persona que tiene el conocimiento y entrenamiento para efectuar mediciones de las radiaciones, evaluar estudios técnicos de seguridad, y plantear alternativas en protección radiológica.

Exposición: Es la máxima medida de la ionización producida en el aire por radiación gama o rayos X.. Es la suma de las cargas eléctricas de todos los iones de cualquier signo producidos en el aire cuando los electrones liberados por fotones en el aire del elemento son detenidos completamente, dividido por la masa del volumen de aire del elemento. La unidad especial de exposición es el "Roentgens", puede ser considerado numéricamente igual al número de rads o rems, que equivale a 2.58×10^{-4} columbios por kilogramo

Exposición al público: Exposición sufrida por miembros del público a causa de fuentes de radiación, excluida la exposición ocupacional y la exposición a la radiación natural de fondo.

Exposición médica: exposición sufrida por los pacientes en el curso de su propio diagnóstico o tratamiento médico o dental; por personas que no estén expuestas profesionalmente mientras ayudan voluntariamente a procurar alivio y bienestar a pacientes; y por voluntarios en el curso de un programa de investigación biomédica que implique su exposición.

Exposición normal: exposición que se prevé se recibirá en las condiciones normales de funcionamiento de una instalación o una fuente, incluso en el caso de pequeños percances posibles que puedan mantenerse bajo control.

Exposición Ocupacional: Exposición de los trabajadores ocurrida durante su jornada laboral.

Exposición Potencial: Exposición que no se prevé se produzca con seguridad, pero que puede ser resultado de un accidente ocurrido en una fuente o deberse a un suceso o una serie de sucesos de carácter probabilista, por ejemplo, a fallos de equipo y errores de operación.

Exposición externa/interna: La exposición del cuerpo humano a fuentes exteriores a él (exposición externa) o interiores a él (exposición interna).

Exposición total: Suma de las exposiciones internas y externas.

Exposición continua: Exposición externa prolongada cuya tasa puede, sin embargo, variar con el tiempo, o la exposición interna resultante de una incorporación permanente cuya intensidad varía con el tiempo.

Exposición global/parcial: Exposición global es la considerada como homogénea en el cuerpo entero. Exposición parcial es la localizada esencialmente sobre una parte del organismo, o sobre uno o más órganos o tejidos, o la exposición del cuerpo considerada como no homogénea.

Efectos deterministas: efectos de las radiaciones ionizantes para los que existe un nivel umbral de dosis por encima del cual la gravedad de los efectos aumenta al elevarse la dosis.

Efectos estocásticos: Efectos de las radiaciones ionizantes que se producen, por lo general, sin que exista un nivel de dosis umbral cuya probabilidad es proporcional a la dosis y cuya gravedad es independiente de la dosis.

Eficiencia biológica Relativa (E.B.R. o Factor de calidad (F.C')). Es el factor de comparación de la eficiencia o calidad de la dosis de radiación absorbidas emitidas por diferentes tipos de radiaciones.

Electrón: Partícula atómica cargada negativamente.

Factor de ocupación: (T): El factor que se debe multiplicar con la carga de trabajo para obtener el grado correcto de ocupación del área en cuestión cuando la fuente está funcionando.

Factor de Uso: Fracción de la carga de trabajo, durante la cual el haz de radiación está dirigido en forma directa sobre la barrera en consideración.

Factor de ponderación de la radiación (antes factor de calidad): Factor por el que hay que multiplicar la dosis absorbida para tener en cuenta los diferentes efectos que producen las mismas dosis absorbidas de distinto tipo de radiaciones. El resultado es la dosis equivalente.

Factor de ponderación de los tejidos: Factor por el cual hay que multiplicar la dosis equivalente recibida por los distintos órganos y tejidos del organismo, para obtener la dosis efectiva del conjunto del cuerpo humano.

Filtración Agregada: Es la filtración que se agrega a la filtración inherente.

Filtración Inherente: La filtración colocada permanentemente en la ventana del tubo, a la salida del haz de radiación.

Filtración Total: Es la suma de la filtración inherente más la filtración agregada.

Filtro - Filtración: Material colocado a la salida del rayo útil y que absorbe preferentemente las radiaciones menos penetrantes.

Fisión nuclear: Reacción nuclear en la que tiene lugar la ruptura de un núcleo pesado, generalmente en dos fragmentos cuyo tamaño son del mismo orden de magnitud, y en la cual se emiten neutrones y se libera gran cantidad de energía.

Fondo radiactivo natural (radiación de fondo): Conjunto de radiaciones ionizantes que existen en el medio ambiente de forma natural y que provienen de fuentes cósmicas o radiactivas terrestres.

Fuente encapsulada/no encapsulada: Una fuente encapsulada es aquella constituida por sustancias radiactivas firmemente incorporadas en materias sólidas y efectivamente inactivas, o encerradas en una envoltura inactiva que presenta una resistencia suficiente para evitar dispersión de dichas sustancias radiactivas, en las condiciones normales de uso. Cuando una fuente contiene material radiactivo sin que se den estas restricciones, es decir cuya presentación y

condiciones de empleo no permiten prevenir cualquier dispersión de la sustancia radiactiva que contiene, se habla de fuente no encapsulada.

Fuente: Cualquier cosa que pueda causar exposición a la radiación, bien emitiendo radiación ionizante o liberando sustancias o materias radioactivas.

Fuente Precintada. Toda fuente radiactiva de radiaciones ionizantes sólidamente incorporada a metales o precinta dentro de una cápsula o recipiente análogo que tenga una resistencia mecánica suficiente para impedir la dispersión, a consecuencia del desgaste, de la sustancia radiactiva en el local o lugar de trabajo en que se encuentre la fuente.

Fusión Nuclear: Reacción entre núcleos de átomos ligeros que conduce a la formación de un núcleo más pesado que los iniciales, acompañada de la emisión de partículas de energía.

Gammagrafía: Técnica de radiografía industrial de piezas y estructuras metálicas, de hormigón, etc., en las que se utilizan los rayos gamma procedentes de una fuente encapsulada, incorporada a un aparato, para obtener una imagen del objeto sobre una placa fotográfica. La manipulación de la fuente se realiza con telemando.

Grado de Riesgo: Es la relación que existe entre la exposición a radiaciones ionizantes encontrada y el valor permitido.

Gray: Unidad de la dosis absorbida en el Sistema Internacional de Unidades; es igual a un julio por kilogramo (J/kg).

Grupos de referencia: Grupos formados por personas cuya exposición es razonablemente homogénea y representativa de la de los individuos más expuestos de la población debido a una determinada práctica.

Haz de Rayos X: Radiación directa que pasa a través de la ventana, abertura, cono o cualquier otro artefacto de colimación. También llamado haz primario.

Hijo: Nucleido que se genera en una desintegración radiactiva.

Incidente: Acontecimiento imprevisto que implica proximidad a la situación de accidente y que tiene escasa trascendencia, si tiene alguna, fuera del emplazamiento de la instalación.

Instalación de Tubos Múltiples: Instalación que consiste en más de una fuente de rayos X en la misma sala o de fuentes localizadas en salas adyacentes, que son cerradas y requieren tener en consideración la combinación de su carga de trabajo para el diseño de la construcción. Cada instalación puede incluir dos o más unidades completas de Rayos X o una combinación de dos o más cabezotes operables con el mismo control.

Instalación Simple: Instalación que cuenta con un solo tubo de rayos X con un control individual para la unidad.

Instalación: Equipo y espacio relacionado con la localización de una fuente de radiación.

Ion: Átomo o grupo de átomos que, por pérdida o ganancia de uno o más electrones, ha adquirido carga eléctrica.

Irradiación: Acción de someter un material o un ser vivo a la acción de las radiaciones.

Irradiación externa. Son las radiaciones recibidas por el organismo y provenientes de fuentes situadas fuera de éste.

Irradiación interna. Son las radiaciones recibidas por el organismo y provenientes de fuentes situadas en el interior del mismo.

Isótopo: Cada uno de los distintos nucleidos que tienen el mismo número atómico (número de protones) y, por tanto, pertenecen al mismo elemento químico, pero que difieren entre sí en el número de neutrones.

Kilovoltio (kV): Unidad de diferencia de potencial eléctrico igual a 1.000 voltios.

Kilovoltio Pico (kVp): El valor pico en Kilovoltios de la diferencia de potencial de un generador de pulsaciones, cuando únicamente la mitad de la longitud de onda es empleada, el valor se refiere a la mitad del ciclo.

Límite inferior de actividad detectable (LID): Cantidad mínima de actividad que es posible medir con el método analítico empleado.

Límites anuales de dosis: Valores máximos, referidos siempre a los 12 últimos meses, de las dosis que pueden ser recibidas por los trabajadores profesionalmente expuestos y los miembros del público. Estos valores están fijados legalmente y en ellos no se tiene en cuenta las dosis resultantes del fondo radiactivo natural ni de las exposiciones sufridas como consecuencia de exámenes o tratamientos médicos. Los límites de dosis se aplican a la suma de las dosis recibidas por exposición externa, durante el periodo considerado, y de la dosis interna integrada resultante de la incorporación de los radionucleidos que haya podido tener lugar durante ese mismo periodo.

Lluvia radiactiva: Deposición en la superficie terrestre de la radiactividad existente en la atmósfera a causa, fundamentalmente, de las pruebas nucleares.

Material radiactivo: Cualquier material que contiene sustancias que emiten radiaciones ionizantes. Según esta definición toda sustancia, incluido el ser humano, es material radiactivo ya que toda sustancia existente contiene isótopos radiactivos. Ello no quiere decir que la existencia de esta radiactividad requiera la adopción de algún tipo de medidas de protección radiológica. Cuando se requiere expresar que un material radiactivo contiene radiactividad en una proporción tal que pueda ser necesaria la adopción de algún tipo de medida de cautela, el término utilizado es el de "sustancia radiactiva".

Medicina Nuclear: Utilización de los radioisótopos, como fuentes encapsuladas y no encapsuladas, con fines médicos de diagnóstico o terapia. Se usan in vivo (servicios de medicina nuclear) o in vitro (laboratorios de radioinmunoanálisis).

Miembro del público: Independientemente de su relación laboral, y a efectos exclusivamente de su protección radiológica, se considera miembro del público los individuos de la población, a excepción de los trabajadores profesionalmente expuestos y de los estudiantes y aprendices durante sus horas de trabajo habitual.

Miliamperio: La milésima parte de un amperio. Unidad de intensidad de la corriente eléctrica.

MiliRoentgen: Es la milésima parte de un Roentgen.

Monitoreo Personal: Aparato apropiado, de alta sensibilidad, usado para estimar las dosis de exposición individuales.

Neutrón: Partícula elemental sin carga eléctrica que forma parte del núcleo de los átomos; su masa es de 1,00136 veces la del protón.

Nucleido: Especie atómica (conjunto de átomos iguales), caracterizado por el número de protones y de neutrones que posee.

Operador: La persona que opera y controla los equipos cuando se hacen radiografías.

Padre: Es una desintegración, nucleido que se desintegra; en una cadena de desintegración primer nucleido de la cadena.

Pantalla:

1. Pantalla fluorescente: Superficie cubierta de una sustancia fluorescente que emite luz al recibir una radiación ionizante.
2. Pantalla reforzada: Lámina que bajo la acción de los rayos X emite una radiación secundaria que contribuye a la impresión de la placa.
3. Dispositivo absorbente de la radiación que se interpone en su camino para interceptar las radiaciones en todo o en parte.

Partícula alfa: Núcleo de helio-4 en el transcurso de una desintegración nuclear. Por extensión, toda agrupación de dos protones y dos neutrones. Se representa por el símbolo α .

Partícula beta: Electrón, positivo o negativo, emitido en la desintegración de un núcleo atómico. Se representa por el símbolo β .

Peligro de radiación. Son los riesgos para la salud resultantes de la irradiación, puede deberse a una irradiación externa o radiaciones emitidas por sustancias radiactivas presentes en el organismo.

Periodo biológico efectivo: Intervalo de tiempo necesario para que se reduzca a la mitad la cantidad de un radionucleido incorporado a un organismo vivo. En su cálculo se tiene en cuenta que este material desaparece por dos vías simultáneas: desintegración radiactiva y eliminación a través de los medios biológicos naturales (sudor, excretas, etc.).

Periodo de semidesintegración: Intervalo de tiempo necesario para que el número de átomos de un nucleido radiactivo se reduzca a la mitad por desintegración espontánea.

Plausibilidad Biológica: criterio por el que se juzga si una asociación observada, presunta o supuestamente causal, discrepa o no de los conocimientos médicos o biológicos actuales.

Población en su conjunto: A efectos de protección radiológica, toda la población comprendiendo los miembros del público, y los trabajadores profesionalmente expuestos y aprendices y estudiantes durante sus horas de trabajo habitual.

Positrón: Antipartícula del electrón; tiene la misma masa y la misma carga eléctrica, pero en el positrón esta carga es positiva en lugar de ser negativa como en el electrón.

Protección radiológica:

1. Ciencia de la protección de las personas contra los efectos de las radiaciones ionizantes.
2. Término utilizado como sinónimo de blindaje biológico, aunque esta acepción está en desuso.

Protón: Partícula elemental cuya carga eléctrica es positiva e igual a la del electrón y cuya masa es $1.67 \text{ E-}27 \text{ g}$. Se encuentra en el núcleo de los átomos.

Radiaciones Ionizantes: Son radiaciones electromagnéticas o corpusculares capaces de producir iones, directa o indirectamente, a su paso a través de la materia y comprende las radiaciones emitidas por los tubos de rayos X y los

aceleradores de partículas, las radiaciones emitidas por las sustancias radiactivas, así como los neutrones.

Las radiaciones ionizantes son aquellas capaces de emitir electrones orbitales, procedentes de átomos ordinarios eléctricamente neutros, que dejan tras sí iones de carga positiva. Los electrones así proyectados pueden causar a su vez nueva ionización por interacción con otros átomos neutros. Las radiaciones ionizantes, algunas de naturaleza corpuscular, que son las que se encuentran con mayor probabilidad en los trabajos científicos, médicos, industriales y de energía atómica, son las siguientes: rayos X, Rayos Gamma, rayos Beta, partículas alfa, neutrones.

Rem. Es la unidad de dosis biológica que equivale al Rad multiplicado por la eficiencia biológica relativa o factor de calidad.

Para fines de protección radiológica en este reporte, el número de rems puede ser considerado igual número de rads o al número de roentgens.

Rad. Es la unidad de absorción de radiaciones y se define como la dosis absorción de cualquier radiación nuclear que se acompaña por la liberación de ergios de energía por gramo de materia absorbente. Para los tejidos blandos la diferencia entre el Rep y Rad es tan baja que se considera para fines prácticos el valor de la unidad.

Rep. Es la dosis de absorción, equivalente a la dosis de exposición de un roentgen que libera 97 ergios de energía por gramo de materia.

Riesgo de Radiaciones Ionizantes a la sumatoria de todas las probabilidades de sufrir un evento o consecuencia de las radiaciones ionizantes entendida como fuente emisora de radiación Ionizante a los equipos de Rayos X y otras fuentes emisoras de radiaciones, las máquinas o materiales radiactivos capaces de generar energía, que a su paso por la materia producen iones que alteran su composición.

Roentgen. Es una dosis de exposición a la radiación X o gamma que en condiciones normales de presión y temperatura produce en 0.001293 gramos de aire una ionización de una carga electrostática de cualquier signo, o sea la "dosis de exposición". El Roentgen mide la cantidad de rayos X o gamma absorbidos, y

determina la capacidad de las radiaciones X y gamma de ionizar el aire, usándose para medir la cantidad de radiaciones absorbidas por los seres humanos.

Radiación de Fuga: Toda radiación, excepto la del haz directo, proveniente del tubo de rayos X (Nota: la radiación de fuga incluye la porción de radiación proveniente de la fuente directamente y no la absorbida por la carcasa del tubo)

Radiación natural. Esta puede ser. a) Una radiación externa de origen terrestre (como las emitidas por los radioisótopos presentes en la corteza terrestre y en el aire). b) Una radiación interna (por ejemplo, las emitidas por los radioisótopos como Potasio-40 y Carbono-14 que representan un pequeño porcentaje del potasio y del carbono y que son componentes normales del organismo y por otros isótopos como el radio-226, el Thorio 232 y sus productos de desintegración, provenientes del medio ambiente).

Radiaciones ambiente natural. Son las radiaciones ionizantes recibidas por el organismo y provenientes de fuentes naturales, tales como la radiación cósmica, la radiactividad del medio ambiente, y el potasio radiactivo contenido en el organismo.

Radiación de Pérdida: Es la suma de la radiación de fuga y la radiación dispersa.

Radiación Dispersa: Radiación desviada en todas direcciones durante el paso a través de la materia, también puede ser modificada por disminución de la energía.

Radiación Ionizante: Radiación capaz de producir pares iónicos por interacción con la materia, en forma directa o indirecta.

Radiactividad. Desintegración espontánea de un núclido.

Radiodiagnóstico: Utilización de los rayos X con fines de diagnóstico. Además de las instalaciones de radiodiagnóstico básico, existen instalaciones de grandes

equipos como la escanografía (escáner) o la angiografía computarizada, donde la imagen recibe un tratamiento informatizado.

Radiografía industrial: Técnica que permite obtener imágenes de un objeto al ser éste atravesado por los Rayos X. Por extensión se aplica también cualquiera que sea el tipo de radiación ionizante utilizada.

Radioinmunoanálisis: Técnica de análisis de muestras biológicas en el laboratorio, empleando como reactivos materiales radiactivos relacionados con el sistema inmunológico.

Radioluminiscencia: Propiedad que tienen algunas sustancias de absorber la energía de las radiaciones ionizantes, para emitir después parte de esa energía como luz.

Radionucleido: Nucleido radiactivo.

Radioterapia: Técnica que emplea radiaciones ionizantes con fines terapéuticos.

Radiotoxicidad Toxicidad atribuible a las radiaciones emitidas por una sustancia radiactiva en el organismo.

Radioisótopos: Isótopo radiactivo.

Radón: Elemento químico gaseoso cuyos isótopos, todos ellos radiactivos, pertenecen a las series naturales del Uranio y del Torio. El isótopo de Radón de periodo de semidesintegración más largo es el Radón-222, descendiente del Uranio-238, que es el principal causante de la contaminación atmosférica debida a radioisótopos naturales.

Rata de Exposición: Es la exposición por unidad de tiempo.

Rayos gamma: Radiación electromagnética producida en el fenómeno de desintegración radiactiva. Su longitud de onda es menor que la de los rayos X, por lo que es una radiación extraordinariamente penetrante.

Rayos : Radiación electromagnética producida en las transiciones de electrones de los niveles más profundos. Su longitud de onda es menor que la de los rayos ultravioleta y mayor que la de los rayos gamma.

Residuo radiactivo /de alta, de media y de baja actividad: Es residuo radiactivo todo material o producto de desecho que presenta tasas de radiactividad y para el cual no está previsto ningún uso. Se incluyen los líquidos y gases residuales contaminados: El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) los clasifica como:

a) Residuos de alta actividad:

1. Los líquidos altamente radiactivos, conteniendo la mayor parte de los productos de fisión y algunos actínidos, que se separan el primer ciclo de extracción con disolventes durante la reelaboración química del combustible irradiado, así como los efluentes relacionados con dicho proceso.
2. El combustible nuclear irradiado, si ha sido declarado residuo.
3. Cualquier otro residuo de actividad comparable a uno de los dos anteriores.

b) Residuo de media actividad: los de menor nivel de actividad y de generación de calor que los de alta actividad, pero que todavía requieren blindaje durante su transporte y manipulación. El término se usa, en forma general, para referirse a todos los residuos no definidos como de alto o de bajo nivel.

c) Residuo de baja actividad: Los que, por su bajo contenido radiactivo, no requieren blindaje durante su manipulación y transporte.

Sustancia radiactiva. Toda sustancia constituida por un elemento químico radiactivo cualquiera, natural, artificial, o que contenga tal elemento.

Tasa (de exposición, de dosis, etc.): Para cada magnitud, relación entre el incremento que ésta experimenta y el intervalo de tiempo en que se ha producido dicho incremento. La tasa de desintegración se mide en desintegraciones por

segundo (dps); la de exposición en roentgen por hora (R/h); la de dosis absorbida en gray por hora; la de dosis equivalente y dosis efectiva en sievert por hora (Sv/h) o sievert por año (Sv/a); etc.

Telegammaterapia: Radioterapia a distancia (teleterapia) por medio de las radiaciones gamma emitidas por una fuente encapsulada situada en un aparato en el que almacena la fuente cuando no está en uso.

Termoluminiscencia: Luminiscencia que se produce cuando se calienta moderadamente una sustancia.

Trabajador ocupacionalmente expuesto: Persona que trabaja en presencia de las radiaciones ionizantes, de forma que puede recibir más de un décimo de los límites de dosis fijados para los trabajadores. Si es posible que pueda recibir más de 1/10 pero es muy improbable que pueda recibir más de 3/10 de los límites de dosis (más de 5 y menos de 15 mSv) se le clasifica como categoría B. Si es posible que pueda recibir más de 3/10 de los límites fijados (15 mSv) se le clasifica como categoría A y para él es obligado el uso de un sistema de dosimetría individual.

Valor medio de espesor: El espesor de un material específico el cual se interpone al paso de un haz de radiación dado y reduce la rata de exposición a la mitad de su valor.

Vida biológica efectiva: Media aritmética de la vida de una especie radiactiva en el organismo humano.

Zona (área) controlada: Área en la que por existir una fuente de radiación ionizante es posible recibir más de 3/10 de los límites anuales de dosis, fijados para los trabajadores profesionalmente expuestos. Dentro de la zona controlada se establece la zona de permanencia limitada, si existe el riesgo de superar los límites anuales de dosis y zona de acceso prohibido si existe el riesgo de superar, en una exposición única, los límites anuales de dosis.

Zona (área) de libre acceso: En una instalación nuclear o radiactiva zona en la que es muy improbable superar 1/10 de los límites anuales de dosis fijados para los trabajadores expuestos y que, por tanto, no está sometida a reglamentación por razones de protección radiológica.

Zona (área) protegida: Área que se establece alrededor de la zona bajo control del explotador y en la que se provén medios para proteger a la población en caso de accidente en la instalación.

Zona (área) vigilada: Área en la que es posible superar 1/10 de los límites anuales de dosis, siendo muy improbable alcanzar los 3/10 de esos valores, y por lo tanto el acceso a esta zona está reglamentado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

¹ SEGURO SOCIAL-PROTECCION LABORAL, ARP. Vigilancia Epidemiológica Ocupacional. P. 13

² MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Decreto 1295 del 22 de junio de 1994

³ ORGANISMO INTERNACIONA DE ENERGIA ATOMICA. Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Viena, 1997

⁴ ICRP 60 Párrafo 134

⁵ DIRECCION SECCIONAL DE SALUD DE ANTIOQUIA. Sistema de Vigilancia epidemiológica para el factor de riesgo radiaciones ionizantes. Medellín Noviembre del 2000.

⁶ UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA-GRUPO DEMUTAGENESIS Y CARCNOGENESIS AMBIENTAL DELDEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA. Rodríguez, Trujillo, Camargo. 1990

⁷ MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL – ASOCIACION DE MEDICINA DEL TRABAJO. Protocolo para enfermedades profesionales. 2000

⁸ Safety Series Nro. 91, OIEA

⁹ MINISTERIO DE SALUD. Resolución número 1832 de 1999. Modificación parcial de la resolución 2546 de 1998 en relación con la estructura de los datos, la transferencia de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA DOCUMENTO TÉCNICO

PEDRO NEL RAMÍREZ. Memorias Curso de Radioprotección. 2000

COLOMBIA, INSTITUTO DE SEGUROS SOCIALES. Normas Técnicas sobre el Agente de Riesgo: Radiaciones Ionizantes. Julio, 1984.

SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SALUD. Instructivo para la Verificación de los Requisitos Esenciales en los Prestadores de Servicio de Salud. Santafé de Bogotá D.C. Noviembre, 1997.

MINISTERIO DE SALUD DE COLOMBIA Y OFICINA SANITARIA PANAMERICANA. Manual Básico de Protección Radiológica. Volumen 1. 1981.

DOSIMETER CORPORATION. Direct Reading Quartz Fiber Dosimeters and Accesories.

VIENA, INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES. Manejo Médico del Paciente Sobreexpuesto a las Radiaciones Ionizantes. 1986.

WASHINGTON D.C., ORGANIZACION MUNDIAL Y PANAMERICANA DE LA SALUD. Organización, Desarrollo, Garantía de calidad y Radioprotección en los Servicios de Radiología y Radioterapia.. Diciembre, 1997.

TECNICONTROL. Seguridad Radiológica en Radiografía Industrial.

COLOMBIA, INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGIA. Manual de Protección Radiológica.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Sistema de Vigilancia Radiológica del Ruido. Pergamon Press.

CONGRESO DE RECOMENDACIONES BÁSICAS SOBRE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LA PRACTICA MÉDICA. Memorias del I congreso de

recomendaciones sobre la protección radiológica en la práctica médica. Medellín. Noviembre 24 y 25, 1997.

MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. Protección Radiológica. Parte IV. Medicina Nuclear.

WASHINGTON D.C., DIVISIONES DE SERVICIO DE SALUD Y SALUD AMBIENTAL. El Uso Seguro de las Radiaciones Ionizantes Guia para Enfermeras. 1973.

COLOMBIA, INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS. Identificación de Actividades Económicas que Utilizan, Materia Radiactivo.

COLOMBIA, MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURO SOCIAL. Código de Salud Ocupacional, aplicable al régimen del Seguro Social. 1990.

RODRIGUEZ PASQUES, Rafael. Introducción a la Tecnología Nuclear. Buenos Aires: Editorial Universitaria, 1978.

WASHINGTON D.C., ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD et al. Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. 1997. Serie No 497.

COLOMBIA, INSTITUTO DE SEGUROS SOCIALES. Protección contra Radiaciones Ionizantes. 1993.

SOCIEDAD RADIOLOGICA DENTAL DE CHILE. Efectos Biológicos de la Radiación Ionizante. 1985.

WASHINGTON D.C., ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Garantía de la Calidad en Radiodiagnóstico. 1984. Serie No 469.

ASESORIAS INGENIERIA DE CALIDAD EMAC LTDA. Manual de Seguridad Radiológica. Santafé de Bogotá D.C. 1995.

COLOMBIA, MINISTERIO DE SALUD. Protección para el uso de Rayos X en Odontología. 1984.

COLOMBIA, INSTITUTO DE SEGUROS SOCIALES. Sistema de Vigilancia Epidemiológica para trabajadores expuestos a Radiaciones Ionizantes. 1991.

GINEBRA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Convenios y recomendaciones internacionales del trabajo. 1 ed. 1985.

COLOMBIA, MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Convenios internacionales del trabajo ratificados por Colombia. 1993.

VIENA, INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES. Radioprotección del paciente en Medicina Nuclear. 1991.

VIENA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA. Manual de dosimetría en Radioterapia. 1971.

COLOMBIA, INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES. Reglamento interno de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear. 1992.

GINEBRA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Protección de los trabajadores contra las radiaciones. 1958.

WASHINGTON D.C., ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Garantía de la calidad en Medicina Nuclear. 1984. Serie No 470.

WASHINGTON D.C., ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Control de calidad en Radioterapia, aspectos clínicos y físicos. 1986.

WASHINGTON D.C., ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Protección contra la Radiación Ionizante de fuentes externas utilizadas en medicina.. 1998. Serie No 15.

VIENA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA. Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. 1997. Serie No 115.

WASHINGTON D.C., ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Protección del paciente en Radiodiagnóstico. 1987. Serie No 3.

NIETO, Oscar y BOADA, José Miguel. Sistema de Vigilancia Epidemiológica de los Efectos Negativos de la Exposición Ocupacional a las Radiaciones Ionizantes. Santafé de Bogotá D.C. Septiembre, 1999.

DIRECCION SECCIONAL DE SALUD DE ANTIOQUIA. Sistema de vigilancia epidemiológica para el factor de riesgo radiaciones ionizantes. 2000.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

WASHINGTON D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Radiation Protection in Educational Institutions. July 1, 1974. Report No 32.

WASHINGTON D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Medical X - Ray and Gamma - Ray Protection for Energies up to 10 MeV. Structural Shielding Design and Evolution. March 2, 1970. Report No 34.

WASHINGTON D.C. NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Protection Against Radiation from Brachytherapy Sources. March 1, 1972. Report No 40.

WASHINGTON, D.C. NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Review of the Current State of Radiation Protection Philosophy. January 15, 1975. Report No 43.

WASHINGTON, D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Radiation Protection for Medical and Allied Health Personnel. August 1, 1976. Report No 48.

WASHINGTON D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Environmental Radiation Measurements. December 27, 1976. Report No 50.

WASHINGTON, D.C. NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Radiation Protection Design Guidelines for 0.1 - 100 MeV Particle Accelerator Facilities. March 1, 1977. Report No 51.

WASHINGTON, D.C. NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Review of NCRP Radiation Dose Limit for Embryo and Fetus in Occupationally - Exposed Women. March 1, 1977. Report No 53.

WASHINGTON, D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Radiation Exposure From Consumer Products And Miscellaneous Sources. November 1, 1977. Report No 56

WASHINGTON, D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Instrumentation and monitoring Methods for Radiation Protection. May 1, 1978. Report No 57.

WASHINGTON, D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Operational Radiation Safety Program. December 15, 1978. Report No 59.

WASHINGTON D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Radiation Safety Training Criteria for Industrial Radiography. November 1, 1978. Report No 61.

WASHINGTON, D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Tritium in the Environment. March 9, 1979. Report No 62.

WASHINGTON, D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Tritium and Other Radionuclide Labeled Organic Compounds Incorporated in Genetic Material. March 30, 1979. Report No 63.

WASHINGTON, D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Influence of Dose and Its Distribution in Time on Dose - Response Relationships for Low - Let Radiations. April 1, 1980. Report No 64.

WASHINGTON D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Mammography. July 15, 1980. Report No 66.

WASHINGTON, D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Radiofrequency Electromagnetic Fields. Properties, Quantities and Units, Biophysical Interaction, and Measurements. March 1, 1981. Report No 67.

WASHINGTON, D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Dosimetry of X - Ray and Gamma - Ray Beams for Radiation Therapy in Energy Range 10 KeV to 50 MeV December 15, 1981. . Report No 69.

WASHINGTON, D.C., NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Nuclear Medicine - Factors Influencing the Choice and use of Radionuclides in Diagnosis and Therapy. June 1, 1982. Report No 70.

WASHINGTON, D.C. NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Protection in Nuclear Medicine and Ultrasound Diagnostic Procedures in Children. December 30, 1983. Report No 73.

COLOMBIA, SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD. Memorias seminario. Análisis de Vulnerabilidad y Planes Hospitalarios de Emergencia. Mayo 1992.

ESTADOS UNIDOS, DEPARTMENT OF HELTH, EDUCATION, AND WELFARE. Exposure and processing guide for dental radiography. Public Health Service. February, 1978.

WORLD HEALTH ORGANIZATION GENEVA. Derived Intervention Levels for Radionuclides in food. Guidelines for Application after Widespread Radioactive Contamination Resulting from a Major Radiation Accident. 1988.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Protection Against Ionizing Radiation in the Teaching of Science. Pergamon Press. September, 1982. Publication 36.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Cost - Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection. Pergamon Press.. June 1982. Publication 37

GINEBRA, WORLD HEALTH ORGANIZATION. International Programme on the Health Effects of the Chernobyl Accident. 1993.

GINEBRA, WORLD HEALTH ORGANIZATION. Optimization of Radiotherapy. 1980. Series 644.

GINEBRA, WORLD HEALTH ORGANIZATION. Manual on Radiation Protection in Hospitals and General Practice. 1974. Volume 1.

GINEBRA, ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Catálogos de Nuevas Publicaciones. 1994.

GINEBRA, ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Criterios Aplicables a las Exploraciones de Radiodiagnóstico. 1983. Serie 689.

GINEBRA, ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Empleo Racional del Diagnóstico por Imagen en Pediatría. 1987. Serie 757.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Elección Apropiaada de Técnicas de Diagnóstico por Imagen en la práctica Clínica. Serie 795. Ginebra, 1990.

GINEBRA, ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Empleo Futuro de Nuevas Técnicas de Diagnóstico por Imagen en Países en Desarrollo. 1985. Serie 723.

COLOMBIA, SEGURO SOCIAL. Riesgo Ocupacional por Exposición a Radon en Minas Subterráneas de Carbón. Edición P investigación científica Ro Ltda.

GINEBRA, WORLD HEALTH ORGANIZATION. Publications Environment. February 24, 1993.

GINEBRA, WORLD HEALTH ORGANIZATION. Publications Occupational Health. May 3, 1993.

AUSTRIA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY AND WORLD HEALTH ORGANIZATION. Facts About Low - Level Radiation. February, 1981.

LONDRES, THE HOSPITAL PHYSICISTS' ASSOCIATION. A Guide to Electrical Hazards and Safety Standards. 1977. Report No 24.

ESTADOS UNIDOS, DEPARTMENT OF HEALTH, EDUCATION, AND WELFARE. We Want You to Know About Microwave Oven Radiation. Public Health Service.

CENTRO RADIOLOGICO TEUSAQUILLO. Sabe Usted que es una Mamografía?.

GINEBRA, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ. La Santé Publique et L`emploi des Rayonnements Ionisants en Médecine. 1965. Série 306.

EL HOSPITAL. Radiología, Imágenes y Medicina Nuclear. Febrero, 1994.

FERRO S., Neisser. Manual de Posiciones de Radiología. Santa fé de Bogotá D.C.,

AUSTRIA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA. El Accidente Radiológico de San Salvador. Febrero, 1991.

AUSTRIA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA. El Accidente Radiológico de Goiânia. Diciembre, 1989.

WASHINGTON D.C., ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Radiación Ultravioleta. 1984. Serie No 466.

COLOMBIA, COLMENA RIESGOS PROFESIONALES. Análisis de personas expuestas a Radiaciones Ionizantes del Hospital San Ignacio. Septiembre 12, 2000.

COLOMBIA, INSTITUTO DE SEGUROS SOCIALES. Sistema de Vigilancia Epidemiológica del Ruido. Noviembre, 1996.

SEEBECK DE COLOMBIA LTDA. Exposición Ocupacional a Radiaciones no Ionizantes, consecuencias.

COLOMBIA, HOSPITAL MILITAR CENTRAL. Protocolo de Atención al Paciente en Radiología.. 1994.

MEMORIAS SEMINARIO NACIONAL. Aplicaciones Industriales de la Tecnología Nuclear. Santafé de Bogotá. Diciembre 13, 1993.

MENDEZ DE DURAN. Ines et al. Protección Radiológica. Santafé de Bogotá D.C. 1995.

MENDEZ ACOSTA. Ana Sofía et al. Radiaciones Ionizantes. Santafé de Bogotá D.C. Marzo, 1995.

Radiaciones Electromagnéticas. Conceptos Básicos.

MADRID, MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. Protección Radiológica. Neográfis, S.L.

DELGADO MORALES, Álvaro y DELGADO FERNANDEZ, Alfonso. Radiodonancia. 3 ed. Bogotá D.E. 1990.

NIÑO OLIVEROS, Luís Eduardo. Manual de Control Interno Hospital Militar, Sección de Radiología. Santafé de Bogotá D.C. Junio 17, 1994.

COLOMBIA, MINISTERIO DE SALUD. Vigilancia Epidemiológica en Salud Ocupacional. 1987.

COLOMBIA, MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL et al. Protección contra Radiaciones Ionizantes. 2 ed. 1993.



CAMBIO PARA CONSTRUIR LA PAZ



COLOMBIA, INSTITUTO DE SEGUROS SOCIALES. Vigilancia Epidemiológica Ocupacional. 1995.