



ESPECIALIZACIÓN TOXICOLOGÍA LABORAL



FACULTAD DE CIENCIAS DE TRABAJO Y COMPORTAMIENTO HUMANO

Trabajo de fin de Carrera titulado:

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN IONIZANTE EN TRABAJADORES QUE LABORAN EN EL ÁREA DE PERFILES ELÉCTRICOS EN POZOS DE HUECO ABIERTO EN EL SECTOR PETROLERO DE ENERO 2015 A ENERO 2020"

Realizado por:

Karla Guamán Cevallos

Director del proyecto:

Henry Cárdenas

Como requisito para la obtención del título de:

ESPECIALISTA EN TOXICOLOGÍA LABORAL

QUITO, 04 de Octubre del 2021

RESUMEN

Objetivos: Determinar los niveles radiación ionizante absorbidos en trabajadores que laboran en el área de Perfiles Eléctricos en pozos de hueco abierto. **Específicos:** Analizar datos de radiación ionizante absorbida por los trabajadores. **Método:** La metodología del presente trabajo es de tipo observacional, retrospectivo y analítico de las fichas ocupacionales de cada trabajador en donde constan los valores dosimétricos medidos de manera bimestral durante su jornada laboral. **Resultados:** La población analizada está formada por un número de 20 trabajadores que laboran en el área de perfiles eléctricos en el Sector Petrolero que están expuestos a radiación ionizante. **Implicaciones:** Las implicaciones de este trabajo se verán reflejados en el desarrollo de buenas prácticas preventivas a nivel individual y colectivo que ayudarán a disminuir los riesgos físicos a las radiaciones ionizantes, así como servir de base para futuros estudios en temas de radiación ionizante en empresas petroleras. **Limitaciones y fortalezas del estudio:** Las fortalezas encontradas son que las compañías privadas como en la que se realizara el estudio tienen toda la documentación de manera ordenada y en regla por lo que se facilita realizar el estudio. Las limitaciones encontradas fueron que los empleados del área no son los mismos que constan en las historias clínicas evaluadas de hace 5 años, así mismo otra limitación es que al tratarse de compañías privadas la información es de carácter confidencial por lo que la entrega de la misma es muy limitada.

Palabras clave: Radiación, efectos, radiación ionizante, dosimetría, fuentes.

ABSTRACT

Objectives: To determine the ionizing radiation levels absorbed by wireline workers who perform electrical logs in open hole wells. Specific: Analyze ionizing radiation data absorbed by wireline workers who perform electrical logs in open hole wells. **Method:** The method will be based on the systematic review of the reports and occupational data, which will help to synthesize the results and conclusions. The methodology will be developed qualitatively and quantitatively through the ionizing radiation data collected by the Health, Safety and Environment area in the company. **Results:** The experimental group is composed of 20 workers who perform electrical logs in open hole wells. **Implications:** The implications of this work will be reflected in the development of good preventive practices at the individual and collective level that will help to reduce the physical risks of ionizing radiation as well as serve as the basis for future studies on ionizing radiation issues in oil companies. Limitations and strengths of the study: The strengths found are that private companies such as the one in which the study will be carried out have all the documentation in an orderly and correct manner, which makes it easier to carry out the study. The limitations found were that the employees of the area are not the same as those recorded in the clinical records evaluated 5 years ago, likewise another limitation is that as they are private companies, the information is confidential, so the delivery of the information is very limited.

Keywords: Radiation, effects, ionizing radiation, dosimetry, sources.

Introducción

Una fuente radioactiva es una sustancia, material u objeto que contiene un elemento químico que emite radiación ionizante ya sea por exposición o bien por liberación de material radioactivo. (1) Las fuentes radioactivas son utilizadas para una amplia gama de procedimientos tanto médicos como en la industria. En el Petróleo estas fuentes se utilizan en diversas aplicaciones que van desde radiografías de soldaduras, inspección de herramientas, medición de flujo multifásico, medición de densidades de mezclas, registros eléctricos, etc. (2)

En trabajos de perfilaje de pozos o registros eléctricos se utilizan fuentes radioactivas a través de las cuales se determinan las características y propiedades del fondo del pozo y formaciones geológicas (3) para estimar inicialmente las reservas y luego ubicar los hidrocarburos restantes, estas fuentes utilizan rayos gamma muy penetrantes y rayos alfa o beta que no tienen mucho poder de penetración:

- Fuentes radiactivas de Cesio¹³⁷, emiten fotones de rayos gamma de energía media y partículas beta de baja energía.
- Fuentes de neutrones de Americio-Berilio²⁴¹, emiten neutrones partículas alfa de alta energía y rayos gamma de baja energía, usadas en la medición de la concentración de hidrocarburos en las arenas.
- Soluciones de I¹³¹ diluidos en el agua de inyección se usan como trazadores para determinar el avance del frente de inyección en campos con recuperación secundaria.

Las fuentes radioactivas que se utilizan en la industria del petróleo son pequeñas, y transportables, por lo tanto, la vulnerabilidad en las operaciones normales incluiría tanto la seguridad como la protección durante el transporte, almacenamiento y utilización.

Por un gran número de incidentes ocurridos en el petróleo como en otras industrias por el manejo de estas fuentes, se exigen estrictos protocolos para la utilización de fuentes radioactivas, sin embargo a pesar de estas medidas existen dos preocupaciones de los posibles riesgos que se pueden suscitar al trabajar con estas fuentes como son: la dispersión radiológica y fuentes huérfanas (robadas o abandonadas), lo cual ha sido causa de graves accidentes y efectos en la salud de las personas e incluso la muerte (2). La base de datos de incidentes y tráfico del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) registró 189 incidentes de materiales radioactivos y otros en 34 estados internacionales en 2016. (4)

De acuerdo a la definición de la OMS, la *radiación* es la energía a través del espacio u otros medios liberada (5) que produce efectos biológicos en la célula por dos mecanismos, directa e indirectamente (2), que al romper los enlaces químicos provocan cambios moleculares que dañan las células (6). En principio cualquier parte de la célula puede ser alterada por las ondas electromagnéticas de la radiación ionizante, pero el ADN en particular las “roturas de doble hebra” es el blanco biológico más crítico debido a la información genética que contiene, si el daño del ADN no es reversible, puede manifestarse en mutaciones (7), que no logra alcanzar un efecto inmediato observable pero que podría contribuir al riesgo de transformación maligna, o a efectos hereditarios si ocurre en una célula germinal (4)

La unidad dosimétrica utilizada para cuantificar las dosis incluye la exposición (C/kg_{aire} , roentgen ®, la dosis absorbida (Gy o rad), la dosis equivalente (Sv o Rem) y la dosis efectiva (Sv o REM) (8). Sin embargo, la peligrosidad depende de la modalidad de exposición, del tiempo, la dosis, el órgano irradiado y su radio sensibilidad intrínseca (9). También debe considerarse el tipo de sustancia química, la edad, sexo, dieta, característica personal, estilo de vida y condición de salud (10). Esto conlleva al análisis de las distintas categorías como: la radiosensibilidad, relacionada con efectos no cancerosos y que son eventos tisulares adversos inducidos después de un tratamiento por ejemplo la radioterapia; la radiosusceptibilidad, que se refiere a la propensión al cáncer inducido por radiación y puede observarse incluso a dosis bajas; y la radiodegeneración, que son los efectos no cancerosos que a menudo se consideran atribuibles a mecanismos distintos de la muerte celular (9).

Para algunos autores cualquier dosis sea alta o baja es capaz de inducir daño (11) (12), por ejemplo, dosis altas de radiación aguda o síndrome de radiación aguda, puede producir un 50 % de la mortalidad por el síndrome hematopoyético si la exposición fue > de 3,5 a 4 Gy, por el subsíndrome gastrointestinal a dosis > 6 Gy o por el subsíndrome neurovascular con dosis superiores a 10 a 20 Gy (4).

Por otra parte, Méndez A & col, en el año 2013, menciona que la sobreexposición laboral a las radiaciones ionizantes bajas presenta un riesgo aumentado de padecer trastornos hematopoyéticos predominantemente Leucemia (tiempo de exposición > 10 años y dosis de exposición <10 mSv). (13). O la serie reciente de informes de un estudio de trabajadores internacionales conocido como “INWORKS” en la que menciona que a dosis relativamente bajas producen una respuesta aumentada de carcinogenicidad y enfermedades circulatorias no relacionadas con el cáncer (4).

Boerma & col., 2016, analiza en su artículo, los efectos adversos cardiovasculares producidos por la exposición a la radiación ionizante a dosis altas y dosis bajas. Señala

que la exposición a dosis altas de radiación en el corazón puede provocar procesos agudos como la pericarditis, fibrosis o aterosclerosis acelerada y en cambio menciona que la exposición tardía a dosis bajas puede causar con el tiempo una mayor incidencia de cardiopatía isquémica y accidente cerebrovascular potencialmente acentuados por un aumento de la tasa de hipertensión (14). Siendo así que la dosis umbral establecido para evitar los efectos cerebrovasculares y cardiovasculares actualmente es de 0,5 Gy y el periodo de seguimiento que se recomienda postexposición es de > 10 años (15).

En el 2011, la CIPR llegó a la conclusión de que había suficientes pruebas para reducir la dosis umbral al cristalino del ojo por la producción de cataratas que deterioran la visión, de > 8 Gy a 0.5 Gy, recomendando un intervalo de seguimiento de > 20 años. Estos umbrales de 0,5 Gy identificados para cataratas y enfermedades circulatorias se consideran independientes de la tasa de administración de la dosis (15).

Marjault y Alleman, en su artículo sobre los efectos en la espermatogénesis, citan que, la dosis letal media o dosis umbral establecida por cuantificación de los túbulos seminíferos repoblados es de (D_0) 0,5 Gy y que una exposición superior a 4 y 1 Gy puede provocar una disminución del peso en los testículos después de 16 y 45 días y que una dosis desafiante superior a 8 Gy puede inhibir la recuperación casi por completo durante meses de los túbulos seminíferos (16).

En la piel en cambio, Martin & col, nos menciona eventos adversos tisulares atribuidos a sobrevivientes de la bomba atómica entre 1958-1996, a dosis por encima de 0,6 Gy donde se menciona la aparición de carcinoma basocelular a dosis por encima de 0,6 Gy; también describe el síndrome de radiación cutánea (SRC) observado en los sobrevivientes de Chernobyl con dosis de exposición 2,1 y 9 Gy. Los primeros signos del SRC son: eritema, ampollas, exfoliaciones, ulceraciones de la piel y necrosis (4), alopecia, mucositis y conjuntivitis (17), que se asemejan a las quemaduras de tercer grado (9). En 1997, nueve militares de Georgia que desarrollaban labores ocupacionales, presentaron lesiones en la piel y los tejidos locales, cuando se expusieron inadvertidamente a fuentes de radiación que habían sido abandonadas (4). Martín, menciona también que, dosis bajas < de 500 mGy, están poco documentadas, sin embargo la exposición humana a una variedad de fuentes naturales, médicas y ocupacionales está aumentando (17).

En cuanto al riesgo de cáncer de los pacientes expuestos a radiación ionizante Douple & col, en el año 2014, refieren en su artículo que estos valores fueron determinados a partir de los resultados de los efectos a largo plazo sobre la salud de los supervivientes de los bombarderos atómicos de Hiroshima y Nagasaki y de sus hijos, estudio que sirve de orientación para que los organismos internacionales y los gobiernos puedan estimar

el riesgo de la población a dosis elevadas de radiación, establecer procedimientos seguros de trabajo y estimar normas de protección (18).

Lumniczky & col, luego de revisar varios estudios, muestra que la exposición a fuentes de rayos gamma externos con o sin radiación alfa interna induce un daño por radiación a dosis bajas en el sistema inmunológico especialmente en las células T y de las células T CD4 + (19).

En vista de todos los peligros descritos en los estudios mencionados y analizados por la exposición a fuentes radioactivas o radiación ionizante para la salud humana y a pesar de las medidas de seguridad definidas y aplicadas por las agencias reguladoras de cada país y supervisadas por la OIEA, queremos determinar en este artículo, los niveles radiación ionizante en trabajadores que laboran en el área de Perfiles Eléctricos en pozos de hueco abierto, con la finalidad de conocer y analizar si esta exposición y las medidas adoptadas no representan un peligro para el trabajador y el medio ambiente. Esto a través verificación de las dosis de radiación que consta en cada dosímetro personal de cada trabajador y comparar los resultados de cada uno con los exámenes de laboratorio realizados durante los últimos 5 años.

Método

Los trabajadores u operadores expuestos a radiaciones ionizantes del Área de Perfiles Eléctricos, para la manipulación de las fuentes radioactivas, mitigan el riesgo de recibir dosis de radiación ionizante a niveles peligrosos para la salud mediante dos métodos de prevención.

1. Reducir el tiempo de exposición, maximizar la distancia entre la fuente y el personal, uso de encapsulado en las fuentes.
2. Medición de la radiación a la cual es expuesta la persona para determinar que se encuentre por debajo de los límites permisibles, mediante el uso de dosímetros cuando se manipule fuentes radiactivas.

Durante el trabajo, los técnicos usan su equipo de protección personal el cual incluye el dosímetro. Los dosímetros son dispositivos que se utilizan para la medición bimestral de las dosis de radiación acumulada en personal ocupacionalmente expuesto (POE) o que permanece en zonas en las que existe riesgo de irradiación. Estos pueden ser: de cámara de ionización, de película fotográfica o de termoluminiscencia. (20) (21)

En los trabajadores del área de registros electricos este dispositivo se ubicara sobre el uniforme en el cuadrante superior y externo del torax.

La extracción de la fuente de su encapsulado se realiza usando herramientas especiales para mantener una distancia mínima de dos metros entre el personal y la fuente, se instala la fuente dentro de la herramienta de registros la cual por sí misma es su nuevo encapsulado; esta operación se realiza en el menor tiempo posible. De esta manera se usan los métodos antes descritos para mitigar el riesgo de recibir dosis de radiación ionizante en niveles peligrosos para la salud humana.

La operación de instalación de las fuentes en las herramientas de registros eléctricas es la última operación a realizarse antes de enclavar la herramienta al pozo y con el menor número de personal en el área de trabajo. Así mismo es la primera operación a realizarse cuando la herramienta de registros eléctricos regresa a superficie luego de realizar el trabajo para la cual fue bajada al pozo.

Estas fuentes deben ser fuertemente protegidas cuando no están en uso (22), debido a que emiten continuamente radiación de alta energía. (23), por esta razón dentro de la plataforma de perforación se ubican en un lugar especial de poco tránsito, alejado de áreas de trabajo y dormitorios, y se identifican y bloquean de manera que no exista acceso a personal no autorizado.

Diseño de investigación

El diseño metodológico del presente trabajo se basa en la revisión de los informes dosimétricos e historias ocupacionales, que ayudaran a analizar los niveles de radiación a los que están expuestos estos trabajadores.

Tipo de estudio: Descriptivo, observacional, no experimental, transversal y con datos primarios que constan en la ficha de vigilancia de salud de cada trabajador.

Lugar: Se llevará a cabo en el área de Perfiles Eléctricos de una empresa de Servicios Petroleros.

Universo: Trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes del Área de Perfiles Eléctricos.

Criterios de inclusión

- Trabajadores pertenecientes al área de Perfiles Eléctricos, que laboren con radiación ionizante durante los últimos cinco años.

- Trabajadores ocupacionalmente expuestos que usen dosímetro personal.
- Trabajadores que no tengan ningún tipo de interacción con otros agentes que puedan causar otro tipo de exposición de radiación ionizante.

Exclusión

- Trabajadores que no pertenezca o no laboren en el área de Perfiles Eléctricos y que no formen parte del personal operativo que trabaja con radiación ionizante.
- Trabajadores a los que no se les haya realizado los exámenes ocupacionales o de los que no consten los registros de los últimos cinco años.
- Trabajadores que no cuenten con dosímetros personales o que usen dosímetros personales pero son externos o de otras áreas.

Técnica de recolección de datos:

1. Revisión de los registros dosimétricos e historias ocupacionales realizados de enero 2015 a enero 2020.
2. Recopilación de los informes dosimétricos de los trabajadores del área de Perfiles eléctricos.
3. Recopilara los límites básicos de exposición radiológica que se manejan en la empresa, estos se establecen de la siguiente manera. Los empleados que han terminado la capacitación satisfactoriamente estarán limitados a dosis de RI no más de 5,000 mR/año, los empleados sin capacitación y el público en general están limitados a no más de 100 mR/año y 2 mR/hr, empleadas declaradas embarazadas están limitadas a no más de 500 mrem durante el periodo de gestación. Así de acuerdo a la tabla N°1 de dosis de radiación ionizante podemos lo señalado anteriormente.

TABLA 1: LIMITE DE DOSIS DE RADIACIÓN IONIZANTE

Personal	Tipo de dosis	Límite regulatorio de dosis	Dosis anual área de registros eléctricos	Nivel de acción de investigación en 1 año	Límite de dosis Anual SCAN
Trabajadores de radiación POE	<i>Dosis cuerpo entero</i>	5000 mrem (50 mSv)	4000 mrem (40 mSv)	500 mren (5 mSv)	5000 mrem (50 mSv) Año
	<i>Dosis equivalente cristalino</i>	15000 mrem (150 mSv)	12000 mrem (120 mSv)	500 mren (5 mSv)	15000 mrem (150 mSv) Año

(personal ocupacionalmente expuesto)	<i>Dosis equivalente piel</i>	50000 mrem (500 mSv)	40000 mrem (400 mSv)	500 mrem (5 mSv)	50000 mrem (500 mSv) Año
	<i>Dosis equivalente extremidades</i>	50000 mrem (500 mSv)	40000 mrem (400 mSv)	500 mrem (5 mSv)	50000 mrem (500 mSv) Año
Trabajadores sin exposición	<i>Dosis cuerpo entero</i>	500 mrem (5 mSv)	500 mrem (5 mSv)	N/A	Sin información
Publico general	<i>Dosis cuerpo entero</i>	100 mrem (1 mSv)	100 mrem (1 mSv)	N/A	1500 -5000 mrem (15 – 50 mSv)
Mujer embarazada	<i>Dosis cuerpo entero</i>	500 mrem (5 mSv)	500 mrem (5 mSv)	50 mrem (0.5 mSv/mes)	200 mrem (2 mSv por periodo de embarazo)

Información contenida en un reporte de dosímetro:

- Datos del usuario
- Documento de identidad
- Fecha de ingreso
- Área de trabajo
- Ubicación del dosímetro

Resultado y discusión

Población a analizarse:

La población analizada está formada por un número de 20 trabajadores en promedio que laboran en el área de perfiles eléctricos en el Sector Petrolero y que están expuestos a radiación ionizante.

Cuadros comparativos

Tabla 2: NÚMERO DE TRABAJADORES

Número de trabajadores: 20 (Edad comprendida de los trabajadores entre los 25 y 55 años)
--

HOMBRES	MUJERES
16	4

Tabla 3: Dosis promedio recibida

Año	Género	Dosis Promedio recibida (mSv)
2015	H	2.2
	M	2.2
2016	H	2.6
	M	2.1
2017	H	2.4
	M	2.3
2018	H	2.4
	M	2.1
2019	H	2.6
	M	2.4
2020	H	2.1
	M	2.3

Análisis de resultados.

Año	Género	Análisis de Radiación Recibida
2015	H	Menor a Permitida
	M	Menor a Permitida
2016	H	Menor a Permitida
	M	Menor a Permitida
2018	H	Menor a Permitida
	M	Menor a Permitida
2017	H	Menor a Permitida
	M	Menor a Permitida
2018	H	Menor a Permitida
	M	Menor a Permitida

2020	H	Menor a Permitida
	M	Menor a Permitida

- De acuerdo a los datos recolectados los niveles de radiación ionizante recibida por el personal en los diferentes años de trabajo están por debajo del límite permisible.
- Las medidas de prevención tomadas para mitigar el riesgo de exposición a radiación se pueden calificar como eficaces.

Implicaciones

Las implicaciones de este trabajo se verán reflejados en el desarrollo de buenas prácticas preventivas a nivel individual y colectivo que ayudaran a disminuir los riesgos físicos a las radiaciones ionizantes así como servir de base para futuros estudios en temas de radiación ionizante en empresas petroleras.

Fortalezas y limitaciones

Las fortalezas encontradas son que las compañías privadas como en la que se realizara el estudio tienen toda la documentación de manera ordenada y en regla por lo que se facilita realizar el estudio.

Las limitaciones encontradas fueron que los empleados del área no son los mismos que constan en las historias clínicas evaluadas de hace 5 años, así mismo otra limitación es que al tratarse de compañías privadas la información es de carácter confidencial por lo que la entrega de la misma es muy limitada.

Bibliografía

1. VIVALLO Victoriano L, YAÑEZ Aguilera MJ. Guia para la identificación de fuentes radioactivas. Identificación y primeras actuaciones ante el hallazgo de fuentes radiactivas de primera categoría. Chile: Ministerio de Energía - Gobierno de Chile, Servicio de Protección Radiológica Operacional. Primera edición.
2. BADRUZZAMAN E. Fuentes radioactivas en la industria del petróleo: aplicaciones, preocupaciones y alternativas. SPE 123593. 2009.
3. ALZATE G, BRANCH J, SUÁREZ O, VEGA C. Scielo.org.co. [Online].; 2006.. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bcdt/n19/n19a06.pdf>.
4. FOSTER CR. Emergency preparedness: Ionising radiation incidents and medical management. *BMJ Military Health*. 2018; 166(1).
5. ORDOÑEZ Á. Efectos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos. Madrid: Universidad de Jaén, Facultad de Ciencias Experimentales.
6. unavarra.es. [Online]. Disponible en: http://www.unavarra.es/digitalAssets/146/146686_100000Radiaciones-ionizantes.pdf.
7. PASCUAL Benés A, GADEA Carrera E. NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección. NTP 614. 2004.
8. ANDISCO D, BLANCO S, BUZZI AE. Dosimetría en radiología. *Revista Argentina de Radiología*. 2014; 78(2): p. 114 - 117.
9. FORAY N, HAMADA N. Individual response to ionizing radiation. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*. 2016; 770(Part B): p. 369-386.
- 1 ATSDR. [atsdr.cdc.gov](https://www.atsdr.cdc.gov). [Online]; 2016. Acceso 11 de 08de 2021. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs149.html#bookmark2.
- 1 Universidad Católica de Murcia. [ucm.es](https://www.ucm.es). [Online]; 2015. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2015-1-05-29-Modulo%20RIESGOS%20F%C3%8DSICOS.pdf>.
- 1 MIKHERJEE R, MIRCHEVA J. Los efectos radiobiológicos de las radiaciones de bajo nivel y el riesgo de cáncer.
2. *CRONICAS*. 1991;; p. 32-35.
- 1 MÉNDEZ Arias A, MALDONADO Gil JJ. Trastornos hematopoyéticos en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. *Medicina y Seguridad del Trabajo*. 2013;; p. 143 -160.
- 1 BOERMA M, SRIDHARAN V, XIAO-WEN M, NELSON GA, CHEEMA AK, KOTURBASH I, et al. Effects of ionizing radiation on the heart. *ELSERVIER*. 2016; 770(Part B): p. 319-3-27.
- 1 HAMADA N, WOLOSCHAK GE. Special issue: Tissue reactions to ionizing radiation exposure. 2016; 770(Part B): p. 5. 217-218.
- 1 MARJAULT HB, ALLEMAND I. Consequences of irradiation on adult spermatogenesis: Between infertility and hereditary risk. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*. 2016; 770(Part B): p. 340-348.
- 1 MARTIN MT, HENDRY JH. Human epidermal stem cells: Role in adverse skin reactions and carcinogenesis from radiation. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*. 2016; 770(Part B): p. 349-368.
- 1 DOUPLE B. E, MOBUCHI K, CULLINGS M, PRESTON DL, KODAMA K, SHIMIZU Y, et al. Efectos a largo plazo sobre la salud relacionados con la radiación en una población humana única: lecciones aprendidas de los supervivientes de la bomba atómica de Hiroshima y Nagasaki. *Manuscritos de autor del HHS Public Access*. 2014.
- 1 LUMNCZKY K, IMPENS N, ARMENGOL G, CANDÉIAS S, GEORGAKILAS AG, HORNHARDT S, et al. Low dose ionizing radiation effects on the immune system. *Environment International*. 2021; 149.
- 2 Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. [insst.es](https://www.insst.es). [Online].; 2000.. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_614.pdf/ef28c36c-66d4-4bc9-a5cb-451c705927a9.

-
- 2 Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Recuerosyenergía.gob.ec. [Online].; 2018.. Disponible en: <https://www.recuerosyenergía.gob.ec/wp-content/uploads/2019/02/1.9-Guia-basica-de-uso-del-dosimetro-para-POEs.pdf>.
- 2 Comisión Cuatripartita de Petróleo y Gas. argentina.gob.ar. [Online].; 2019.. Disponible en:
2. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/mbp_perfilaje_y_trazado_con_fuentes_radiactivas.pdf.
- 2 ROJAS MURCIA OM. repository.upd.edu.co. [Online].; 2011.. Disponible en:
3. https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1667/digital_21145.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- 2 Egle Guisela Ramírez-Pozo MML. Scielo Peru. [Online].; 2017. Acceso 28 de 01 de 2020. Disponible en:
4. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832019000300011&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- 2 Consol Serra MSFAMGPPSVPJMR. PubMed. [Online].; 2019. Acceso 15 de 1 de 2020. Disponible en:
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30922285-prevention-and-management-of-musculoskeletal-pain-in-nursing-staff-by-a-multifaceted-intervention-in-the-workplace-design-of-a-cluster-randomized-controlled-trial-with-effectiveness-process-and-economic-evaluation->.
- 2 LETICIA ARENAS- ORTIZ OC. CMIM, Colegio de Medicina Interna de México. [Online].; 2013. Acceso 2 de 1 de 2020. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2013/mim134f.pdf>.
- 2 Labbafinejad Y DH. PubMed. [Online].; PubMed; 2017. Acceso 01 de enero de 2020. Disponible en:
7. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28211842>.
- 2 Laura López LA. Scielo, Maquetación. [Online].; 2015. Acceso 1 de enero de 2020. Disponible en:
8. <http://scielo.isciii.es/pdf/aprl/v18n3/original2.pdf>.
- 2 Skrzypczak A. Agencia Europea Para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. [Online].; 2018.. Disponible en:
9. osha.europa.eu/es/es/themes/musculoesketal-disorders.
- 3 Victor CW Hoe DMU. Cochrane. [Online].; 2018. Acceso 26 de 1 de 2020. Disponible en:
0. <https://www.cochrane.org/es/CD008570/intervenciones-ergonomicas-para-la-prevencion-de-los-trastornos-musculoesketicos-de-miembros>.
- 3 Trabajo CcOld. Organizacion Mundial de la salud OMS. [Online].; Centro de prensa de la OMS; 2005. Acceso 17 de 1. 1 de 2020. Disponible en: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr18/es/>.
- 3 OMS.. Organizacion Mundial de la Salud. [Online].; 2019. Acceso 20 de 1 de 2020. Disponible en:
2. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>.
- 3 COMERCIO E. Cinco enfermedades más comunes en el trabajo. EL COMERCIO. 7 junio 2014: p. 1. 3.
- 3 Katarina Kjellberg PPMJ. PubMed. [Online].; 2012. Acceso 01 de enero de 2020. Disponible en:
4. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22316798-development-of-an-instrument-for-assessing-workstyle-in-checkout-cashier-work-basik/>.
- 3 R.Dickerson JMMELEVGG. ScienceDirect. [Online].; 2017. Acceso 01 de enero de 2020. Disponible en:
5. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169814117301117>.
- 3 GA H. Google Académico. [Online].; 2017. Acceso 7 de 1 de 2020. Disponible en:
6. http://scholar.google.com.ec/scholar?q=The+assessment+of+musculoskeletal+pain&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar.
- 3 Jarreta BM. Prevencion Integral. [Online]; 2014. Acceso 9 de 1de 2020. Disponible en:
7. <https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2014/validacion-cuestionario-nordico-musculoesketicostandarizado-en-poblacion-espanola>.
- 3 IBV. Instituto de Biomecánica de Valencia. [Online] Acceso 21 de 1de 2020. Disponible en:
8. <http://ergodep.ibv.org/procedimientos/10-metodos-ergonomicos-especificos/473-reba-rapid-entire-body-assessment.html>.

-
- 3 Jenny Hubertsson 1 ME,UH,UL,SL,IFP. PubMed. [Online].; 2014. Acceso 20 de 12 de 2019. Disponible en:
9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24886568-sick-leave-patterns-in-common-musculoskeletal-disorders-a-study-of-doctor-prescribed-sick-leave/>.
- 4 (OBP) Pdnel. Organizacion Internacional de Normalización. [Online].Acceso 5 de 1 de 2020. Disponible en:
0. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11226:ed-1:v1:en>.
- 4 Leticia Arenas-Ortiz ÓCG. Colegio de Medicina Interna de México. [Online].; 2013. Acceso 25 de 1 de 2020.
1. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2013/mim134f.pdf>.
- 4 Mario A. Rivera Guillén MFSS. Scielo. [Online].; 2015. Acceso 20 de 1 de 2020. Disponible en:
2. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-24492015000200008.
- 4 Laura López LA. Scielo, Archivos de Prevención de Riesgos Laborales. [Online]; 2015. Acceso 29 de 1de 2020.
3. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-25492015000300003.
- 4 MENÉNDEZ S, GARCIA A. Procedimiento de protección radiológica para la manipulación de fuentes no
4. encapsuladas utilizadas en la instalación radiactiva central (ICR) de la facultad de Medicna de la Universidad
Complutense de Madrid (UCM). [Online].; 2013.. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/256-2013-11-26-2013PROCEDIMIENTOS%20DE%20PROTECCI%C3%93N%20RADIOL%C3%93GICA%20Usuarios%20EN%20LA%20INSTALACI%C3%93N%20RADIATIVA%20CENTRAL.pdf>.
- 4 mheducation.es. Física nuclear. ;; p. 286.
5.
- 4 INSST. Como se miden las radiaciones ionizantes? [Online]. Disponible en: <https://www.insst.es/-/como-se-miden-las-radiaciones-ionizantes->.
6.
- 4 GADEA E. NTP 614: Radiación ionizantes: normas de protección. NTP 589-2001. 2001;; p. 8.
7.
- 4 JORDÁN OD. Auditoria a Empresas autorizadas para utilizar fuentes radiactivas aplicadas a la Industria Petrolera.
8. Memoria Técnica - Autoridad Regulatoria Nuclear. 1999;; p. 80.
- 4 GÁMEZ Mejías ML, GÁMEZ Mejías B. Estudio de técnicas de imagen, radiaciones ionizantes y sus aplicaciones en
9. radioterapia. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- 5
0.
- 5 MONTUFAR Hidalgo L. Protección y Seguridad Radiológica en Radiodiagnóstico Convencional e Intervencionismo
1. para el registro historial digital dosimétrico de los trabajadores ocupacionales expuestos (TOE's) a radiaciones
ionizantes en una instalación radiológica de categoría. Tesis de grado. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira,
Facultad de Ciencias Basica. Maestría en Instrumentación Física.
- 5 UNGER K, YAOXIANG L, YEH C, BARAC A, SRICHA MB, BALLEW AE, et al. Biomarcadores de metabolitos
2. plasmáticos predictivos de cardiotoxicidad inducida por radiación. National Library of Medicine. 2020.
- 5 LEE Chuy K, NAHHAS O, DOMINIC P, LÓPEZ C, TONOREZOS E, SIDLOW R, et al. Complicaciones
3. cardiovasculares asociadas con la radiación mediastínica. PUBMED. 2019.
- 5 HADELSBER UP, HAREL MD. Hazards of Ionizing Radiation and its Impact on Spine Surgery. World Neurosurgery.
4. 2016.