

Máster Universitario en Ingeniería Textil

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

EPI DE PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN IONIZANTE

Año 2019-2020

Director de TFM: Jaime Gisbert Payá

Alumna: Camila Petrone



1. Introducción	3
2. Objetivos	4
3. Estado del Arte	5
3.1. ¿Qué es la radiación? Origen de las radiaciones	6
3.1.1.a) Materiales radiactivos	
3.1.1.b) Aparatos generadores de radiaciones ionizantes	
3.1.2. Medida de la radiación	
3.1.3. La radiación de fondo	
3.1.4. Fuentes de radiación para usos médicos	
3.2. Radiaciones de uso médico.....	8
3.2.1. Usos diagnósticos	
3.2.1.a- Equipos de rayos X fijos	
3.2.1.b- Equipos de rayos X portátiles	
3.2.1.c- Equipos de tomografía computarizada (TC)	
3.2.2. Material radiactivo	
3.2.3. Usos terapéuticos	
3.2.4. Máquinas de teleterapia	
3.2.5. Fuentes radiactivas para radioterapia	
3.3. Evolución del uso y las normativas de protección contra la radiación.....	11
3.4. Métodos de protección radiológica.....	14
3.4.1- Tiempo	
3.4.2- Distancia	
3.4.3- Blindaje	
3.5. Vigilancia de la radiación y Dosimetría personal.....	15
3.5.1.Límites de dosis	
3.5.2. Instrumentos de medidas	
3.6. Elementos de protección.....	17
3.7. Textiles de protección.....	18
3.7.1. Textiles de protección contra la radiación UV	
3.7.2. Textiles de protección contra la radiación ionizante	
3.7.3. Otros textiles	
3.8. Normativa de EPIs.....	20
3.8.1. Generalidades.	
3.8.2. Diseño.	
3.8.3. Materiales.	
3.8.4. Dimensiones.	
3.9. Análisis de mercado.....	24
4. Problemática actual	33
5. Novedades del proyecto	34

6. Parte experimental	35
6.1. Estudios previos	
6.2. Detalles experimentales. Materiales y métodos.	
6.3. Medición de la atenuación de los rayos X.	
6.4. Proceso de hilatura por fusión de las fibras sintéticas.	
6.5. Tejido plano.	
6.5.1. Ensayos de muestras.	
6.6. Tejido no tejido por fusión. (Spunbonded)	
6.6.1. Ensayo de las muestras.	
6.7. Conclusiones	
6.8. Ensayos de confort de las batas.	
6.9. Cuidados y mantenimiento.	
7. Conclusiones	47
8. Acciones futuras.	48
9. Referencias.	49

Desde el principio de los tiempos, los seres vivos estamos expuestos de forma natural a un tipo de energía llamada radiación. La radiación de origen natural puede proceder de los materiales radioactivos del suelo, el aire o incluso del sol y las estrellas, esta última denominada radiación cósmica.

Este fondo natural de irradiación al que estamos expuestos no es idéntico en todo el planeta, ya que puede variar según la posición geográfica, debido por un lado a la altura sobre el nivel del mar (donde aumenta la radiación cósmica al aumentar la altura) y por otro lado, a la concentración de elementos radioactivos en la corteza terrestre, que puede variar de unas zonas a otras. **[1]**

A finales del siglo XIX, un ingeniero llamado Roëtgen descubre los rayos X, el primer tipo de radiación artificial que se utilizaría en humanos.

El descubrimiento de los rayos X marcó el principio de la segunda revolución científica: el nacimiento de la física moderna. De hecho fue el hallazgo de la física que mayor impacto directo ha tenido en la medicina. Con él nacieron la radiología, la medicina nuclear y comenzaron los estudios de los físicos sobre la estructura de la materia, los cuales han permitido desarrollar importantes herramientas para diagnosticar y tratar algunas enfermedades.

El diagnóstico y tratamiento de la enfermedad, así como la investigación de la causa de ésta mediante el uso de la radiación ionizante, ha aumentado enormemente nuestra esperanza de vida, salud y bienestar.

En la vida diaria utilizamos las radiaciones en un sin fin de tareas y estamos expuestos a ellas con frecuencia: cuando escuchamos la radio, hablamos con el móvil, utilizamos el horno microondas, tostamos el pan o cuando nos hacen una radiografía.

Sin embargo, aunque creamos que la utilización de radiaciones ionizantes surgieron para resolvernos muchos problemas y mejorar nuestra calidad y estilo de vida, es necesario saber que las radiaciones utilizadas de forma inadecuada pueden producir efectos perjudiciales en la salud de las personas y en el medio ambiente, por lo que es necesario regular su uso.**[2]**

La protección radiológica tiene como finalidad proteger a las personas y el medio ambiente de los efectos nocivos que pueden resultar de la exposición a radiaciones ionizantes. Desde que comenzó a utilizarse la radiación en medicina, han aumentado los casos de personas que sufren de enfermedades producto de la exposición a la radiación. La mayor parte de este grupo la integran médicos y personal sanitario que trabajan a diario realizando las pruebas de diagnóstico, operando en quirófano, entre otras tareas. Es necesario conocer las medidas de protección actual y plantear una solución para evitar que sigan poniendo en riesgo sus vidas.**[3]**

En el siguiente proyecto, abordaré el tema del uso de radiación en la medicina de diagnóstico, como ha surgido y la evolución de las medidas de protección con respecto a los trabajadores. A partir de la problemática que existe actualmente con los epis de protección, propondré un epi textil que brinde la mayor protección contra las radiaciones ionizantes.

En el proyecto vamos a diseñar una metodología experimental para el desarrollo de un EPI de protección radiológica, más ligero que los que existen actualmente en el mercado, para brindarle al personal sanitario mayor protección, más comodidad a la hora de desempeñar las tareas, mejores condiciones de almacenaje y cuidados del EPI y un producto más amigable con el medioambiente.

Mayor protección.

Diseñar una metodología experimental para obtener una EPI con un nivel de protección alto, igualando al actual o elevándolo al máximo posible.

Mayor ligereza.

Diseñar una metodología experimental para obtener un producto mas ligero, (entre un 20-30% más ligero que los que hay actualmente en el mercado) con metales que tengan el mismo nivel de protección que el plomo, hace que la bata sea mas liviana y el personal que la utilice tenga más comodidad a la hora de realizar su trabajo. Sobre todo beneficia a las personas que deben usar la bata durante muchas horas.

Mayor comodidad.

A diferencia de los productos actuales que no suelen ser cómodos, son pesados y luego de varias horas de uso, ocasionan problemas de espalda, cintura, lumbares y contracturas que hacen mas difícil poder trabajar, el producto que se propone será más ligero y fácil de llevar.

Mejores condiciones de cuidado y almacenamiento.

Mejorar la resistencia que las batas actuales, ya que un mal cuidado o no guardarlo de forma correcta, puede ocasionar fracturas en la bata por la cual se filtra radiación.

El producto que se propone será más fácil de cuidar y guardar, para que tenga una vida útil mayor a la actual.

Para comprender mejor de qué trata el proyecto y cuál es la problemática a tratar, creo necesario hablar un poco sobre la radiación.

3.1.¿QUÉ ES LA RADIACIÓN?

Al hablar de radiación nos referimos, en general, a la emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas. Son ondas electromagnéticas: las ondas de radio, las microondas, la radiación ultravioleta, los rayos X, los rayos γ y la luz visible. Se propagan a la velocidad de la luz (300.000 Km/s) y de todas ellas, el ojo sólo puede percibir la luz visible. Para detectar la existencia de las demás se necesitan instrumentos especiales (detectores de radiación).

También usamos la palabra “radiación” para designar a algunas partículas que se mueven a gran velocidad, como electrones y neutrones. Estas partículas se encuentran en el átomo, que es la parte más pequeña en que podemos dividir una sustancia. [4]

Cuando la energía de la radiación es muy grande puede arrancar electrones de los átomos de una sustancia y por eso se llama “radiación ionizante”. Las radiaciones ionizantes pueden estar formadas por fotones como los de la luz (rayos X y radiación gamma) o por partículas (electrones, neutrones, partículas alfa...) Estas radiaciones pueden atravesar los materiales, por lo cual son muy útiles para el diagnóstico. [Fig.1]

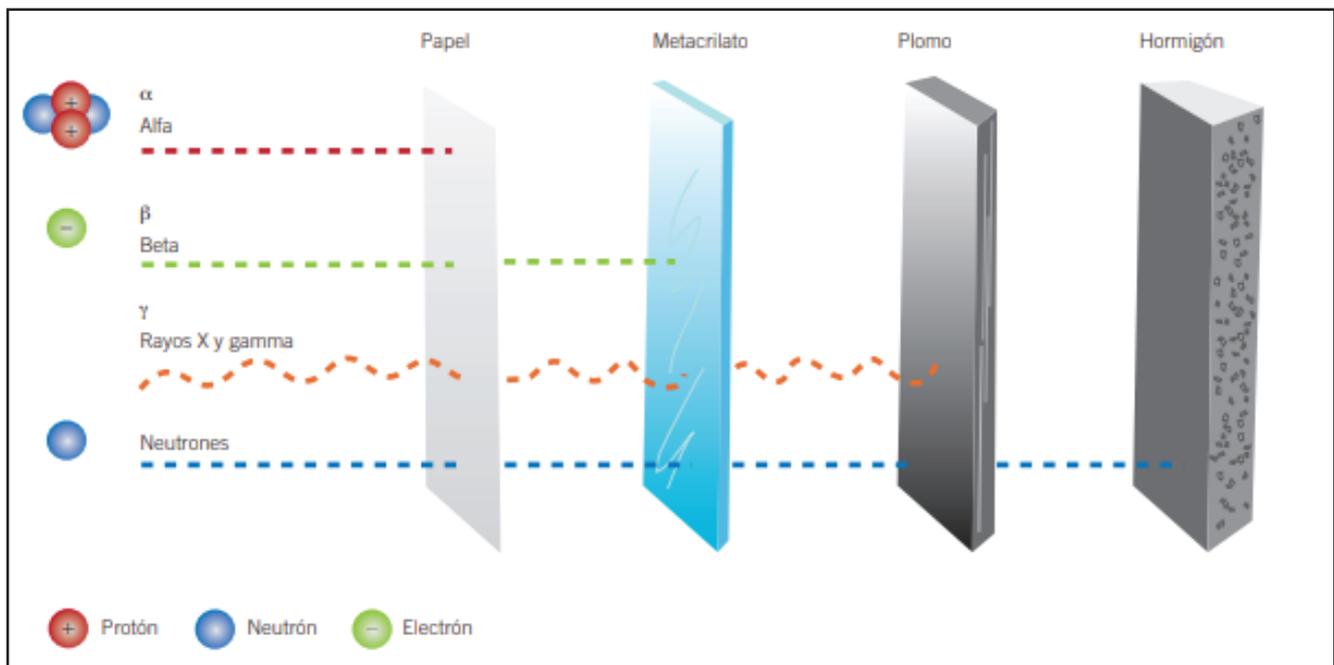


Fig.1 Tipos de ondas y materiales que pueden penetrar.

3.1.1. Origen de las radiaciones [4]

Las radiaciones ionizantes pueden provenir de dos orígenes diferentes:

a) Materiales radiactivos

Son aquellos materiales que emiten radiaciones ionizantes de forma autónoma, por contener isótopos radiactivos. Isótopo radiactivo es una sustancia cuyos átomos se desintegran, emitiendo radiaciones y convirtiéndose en átomos estables. El tiempo que tardan en desintegrarse la mitad de los átomos presentes en una sustancia se llama periodo de semidesintegración. El ritmo al que se desintegra se llama actividad y se mide en becquerelios (desintegraciones/segundo) y sus múltiplos.

Los materiales radiactivos se caracterizan según:

- La naturaleza del isótopo que contienen: Cobalto-60, Yodo-131, Tecnecio-99m, Iridio-192, Yodo-125, etc., lo cual determina el tipo de radiación emitida (alfa, beta, gamma ..), la energía de la misma y el período de semidesintegración.
- El modo de presentación de la sustancia: fuente encapsulada (no es posible el contacto directo con el material radiactivo, ni su incorporación a las personas o al medio ambiente), o fuente no encapsulada.
- La actividad utilizada, que depende de la aplicación a que se destine el material radiactivo. Si tomamos como unidad de referencia el Megabecquerelio (10⁶ Becquerelios):

- Cobaltoterapia: Cientos de millones de Megabecquerelios en fuente encapsulada.
- Braquiterapia: Cientos de miles de Megabecquerelios (alta tasa) a miles de Megabecquerelios (baja tasa) en fuente encapsulada.
- Medicina Nuclear: Algunos miles de Megabecquerelios en fuente no encapsulada, que se administran a los pacientes ("in vivo").
- Radioinmunoanálisis (RIA): Décimas de Megabecquerelio en fuente no encapsulada, que se aplican "in vitro".

b) Aparatos generadores de radiaciones ionizantes

No contienen sustancias radiactivas, las radiaciones se generan como consecuencia de su funcionamiento, cuando se hallan conectados a la corriente eléctrica.

Pertencen a esta categoría los generadores de rayos X y los aceleradores de electrones.

b.1) Equipos de rayos X

El equipo necesario para producir los rayos X consta de un generador de alta tensión y un tubo. Éste consiste en una ampolla de vidrio resistente al calor situada en el interior de una coraza metálica llena de aceite. En el interior de la ampolla, en la que se ha hecho vacío, se encuentran un filamento (cátodo) y un ánodo, ambos de wolframio, que se hallan conectados al generador eléctrico. El filamento dispone de un circuito de baja tensión que le proporciona una corriente, a cuyo paso se calienta y emite electrones. Los electrones son acelerados por la alta tensión (50-150 kV) hasta chocar contra el ánodo. Al interactuar con él, la mayor parte de la energía de los electrones se convierte en calor, pero alrededor del un 1% de ésta se convierte en rayos X. Una parte de

ellos sale de la coraza a través de una ventana y llega al paciente. Los que son emitidos en otras direcciones son absorbidos dentro de la propia coraza.

b.2) Aceleradores lineales

En un acelerador lineal se obtienen rayos X de alta energía a partir de los electrones emitidos por la superficie por un disco metálico caliente. Los electrones se aceleran a través de una cámara de vacío mediante la aplicación de microondas, hasta que alcanzan velocidades próximas a la de la luz. Estos electrones bombardean un blanco metálico, de wolframio, provocando la emisión de rayos X.

Así pues, los equipos de rayos X y los aceleradores lineales no contienen sustancias radiactivas. La radiación se genera como consecuencia de su funcionamiento, cuando se hallan conectados a la corriente eléctrica.

3.1.2. Medida de la radiación

Para detectar la presencia de radiaciones y medir su cantidad, se utilizan unos instrumentos específicos llamados “detectores” y/o “dosímetros”. La magnitud que define la “cantidad” de radiación recibida se llama dosis absorbida y su unidad es el gray (Gy). Dependiendo del tipo de radiación, una misma dosis absorbida puede dar lugar a diferentes efectos biológicos en los seres vivos, por lo cual definimos otra magnitud llamada dosis equivalente, cuya unidad es el sievert (Sv).

3.1.3. La radiación de fondo

Se llama radiación de fondo a la que existe en el medio ambiente de forma natural, a cuyos efectos estamos sometidos todos los seres del planeta. Tiene dos orígenes diferentes:

- Fuentes externas: Incluye la radiación cósmica, procedente del sol y otras fuentes espaciales, y la radiación terrestre, que procede de sustancias radiactivas que se hallan en la Tierra y de algunos materiales usados en la construcción. Cuando escalamos montañas o viajamos en avión recibimos más cantidad de radiación cósmica que cuando estamos a nivel del mar.
- Fuentes internas: Son las sustancias radiactivas naturales que incorporamos a nuestro organismo. Nacemos con algunas de ellas y otras se van depositando en nuestro cuerpo a partir de los alimentos, del agua que bebemos y del aire que respiramos. La existencia de estas fuentes de radiación hace que las personas reciban una cierta dosis de radiación, que varía de unos lugares a otros del planeta. En España el valor medio es de 2,4 mSv /año.

3.1.4. Fuentes de radiación para usos médicos

Además de las fuentes de radiación naturales, existen otras artificiales a cuyos efectos podemos estar expuestos. Las que mayor exposición provocan en las personas son las de uso médico. Éstas incluyen los aparatos de rayos X y las sustancias radiactivas utilizadas en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

Usos diagnósticos

- Aparatos de rayos X (fijos, móviles, arcos de quirófano, tomografía computarizada)
- Sustancias radiactivas usadas en Medicina Nuclear “in vivo”
- Sustancias radiactivas usadas en el laboratorio “in vitro”

Usos terapéuticos

- Aceleradores lineales de electrones o máquinas de telecobaltoterapia, utilizadas para el tratamiento del cáncer y otras enfermedades (teleterapia).
- Fuentes radiactivas encapsuladas en pequeños contenedores que se insertan en el interior del paciente oncológico (braquiterapia) durante largos periodos de tiempo (implantes), o durante varias sesiones de corta duración (braquiterapia de alta tasa de dosis).
- Sustancias radiactivas administradas a los pacientes (terapia metabólica).

Los riesgos derivados para los trabajadores del medio hospitalario son muy diferentes de unos casos a otros. Así, los pacientes con implantes de braquiterapia y de tratamientos metabólicos deben ser confinados en sus habitaciones, mientras que el paciente tratado mediante teleterapia o braquiterapia de alta tasa puede marchar a su casa después de cada sesión.

3.2. RADIACIONES DE USO MÉDICO.

3.2.1. Usos diagnósticos

Los equipos de rayos X, usados para radiografía y radioscopia pueden ser fijos o móviles. En radiografía los tiempos de exposición son muy cortos, inferiores a 1 segundo, y solamente existe radiación mientras el operador oprime el botón de disparo. El personal no suele estar en el interior de la sala durante la emisión de rayos X. En radioscopia el tiempo de exposición puede ser largo y el personal puede tener que estar dentro de la sala mientras el equipo está emitiendo radiación. Por ello tienen que llevar delantales protectores para minimizar el riesgo. Cuando el disparador no está activado, no hay emisión de radiación y no existe ningún riesgo. El panel de control del equipo dispone de luces y señales acústicas que indican cuándo hay emisión de rayos X.

Los equipos son operados por personal formado y acreditado para ello, según lo contemplado en el RD 1891/1991 sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico y en la Resolución del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) de 5 de noviembre de 1992 (BOE 14 de noviembre).

3.2.1.a) Equipos de rayos X fijos

Se hallan fundamentalmente en los servicios de radiodiagnóstico, aunque podrían encontrarse también en otras dependencias del hospital (litotricia, urgencias..). Se utilizan en el diagnóstico de enfermedades. Se instalan en salas blindadas con plomo, o material equivalente, y sobre las puertas de acceso a la sala existe una luz roja que se enciende cuando el equipo está emitiendo rayos X.

3.2.1.b) Equipos de rayos X portátiles

Son similares a los fijos en cuanto a sus función, pero al ser móviles pueden desplazarse a las dependencias donde están los pacientes a los que no se puede mover. Por ejemplo en UCI, en quirófanos urgencias vitales, neonatos.

El personal y otros pacientes pueden recibir una pequeña dosis de radiación mientras se realiza la exploración radiológica al paciente. El operador del equipo y la persona que sujeta al paciente, en caso necesario, deben llevar delantales protectores.

3.2.1.c) Equipos de tomografía computarizada (TC)

Estos equipos suelen hallarse en los servicios de radiodiagnóstico y en los de radioterapia. Utilizan rayos X y con la ayuda de un ordenador son capaces de producir imágenes del cuerpo del paciente en secciones llamadas “cortes” . Al igual que ocurre con los equipos antes citados, solamente hay radiación cuando el operador activa en botón de disparo. La duración típica de una exposición de TC es inferior a 30 segundos. Se instalan en salas blindadas con plomo, o material equivalente, y sobre las puertas de acceso a la sala existe una luz roja que se enciende cuando el equipo está emitiendo rayos X.

3.2.2. Material radiactivo

Se utiliza en medicina nuclear y puede presentarse en forma líquida , cápsulas o gases. Pueden administrarse al paciente por vía intravenosa, por ingestión o por inhalación. El objetivo es obtener una imagen de órgano o aparato del cuerpo del paciente. Los materiales radiactivos emiten radiación continuamente, no pueden “desconectarse”, como los equipos de rayos X. El paciente se convierte, temporalmente, en una fuente radiactiva hasta que la sustancia radiactiva se desintegra o es eliminada por el cuerpo. Por lo tanto, los fluidos corporales de estos pacientes pueden ser radiactivos y han de tomarse precauciones al manejarlos (llevar guantes, por ejemplo).

Las sustancias radiactivas son fuentes potenciales de contaminación (presencia de radiactividad en lugares donde no debería haberla). Por ello se guardan en una zona especial denominada “laboratorio caliente”, cuyo acceso debe estar limitado a personal autorizado para ello.

Los procedimientos de medicina nuclear implican el uso de una máquina llamada gammacámara, que detecta y registra la distribución de radiación emitida por la sustancia radiactiva administrada al paciente, formando una imagen. La gammacámara NO emite radiación, solamente la detecta. La sustancia radiactiva administrada depende del órgano o aparato de interés.

Algunos laboratorios utilizan pequeñas cantidades de material radiactivo para estudios “in vitro”. El riesgo es mínimo si se siguen los procedimientos adecuados en su manipulación.

3.2.3. Usos terapéuticos

Como se ha dicho antes, incluyen las máquinas de teleterapia, sustancias radiactivas en cantidades terapéuticas y fuentes radiactivas que se implantan al paciente (braquiterapia).

3.2.4. Máquinas de teleterapia

Estas máquinas se instalan dentro de los servicios de radioterapia. Proporcionan elevadas dosis de radiación y se utilizan para el tratamiento del cáncer y otras enfermedades. La máquina puede consistir en un generador de radiación de alta energía o en una fuente radiactiva encapsulada, normalmente de Co-60.

Los aceleradores lineales son máquinas de alta energía que producen haces de rayos X y de electrones sólo cuando se activa el botón de disparo, como ocurre en los equipos de rayos X diagnósticos. Por el contrario, en los equipos que utilizan fuentes radiactivas siempre hay emisión de radiación. Por ello, durante el tiempo en que no se está aplicando tratamiento, la fuente se halla protegida por un blindaje, de manera que el nivel de radiación existente en la sala sea muy bajo.

Las máquinas de teleterapia se instalan en salas fuertemente blindadas a la radiación (búnkeres), y la puerta de acceso dispone de un mecanismo de seguridad de manera que, si alguien intenta entrar en la sala cuando se está aplicando tratamiento al paciente, se interrumpe automáticamente la emisión de radiación.

3.2.5. Fuentes radiactivas para radioterapia

Las fuentes radiactivas usadas para terapia, administradas internamente, pueden ser encapsuladas o no encapsuladas. En ambos casos hay que limitar los cuidados hospitalarios al paciente para mantener el nivel de exposición del personal de enfermería a niveles aceptablemente bajos.

Las visitas deben ser autorizadas por el Servicio de Protección Radiológica del hospital. Por lo general los pacientes permanecen hospitalizados durante varios días y al marcharse, si ha sido tratado con fuentes no encapsuladas, todavía permanece radiactivo.

Fuentes no encapsuladas (Medicina Nuclear): Se administra al paciente una cantidad terapéutica de sustancia radiactiva en forma de líquido o de cápsula. De esta forma, el paciente queda convertido en una fuente emisora de radiación y de contaminación radiactiva durante un cierto periodo de tiempo, hasta que la sustancia radiactiva se desintegra hasta un nivel aceptable o es eliminada por el cuerpo.

Mientras tanto, el paciente es confinado en una habitación blindada para reducir los riesgos de irradiación y contaminación al personal hospitalario y al público. Los objetos en contacto con el paciente pueden estar contaminados, así que deben ser comprobados antes de desecharlos.

Fuentes encapsuladas (Braquiterapia): Otro método de radioterapia consiste en implantar en el interior del paciente fuentes radiactivas selladas en forma de hilos o semillas. El paciente se convierte en una fuente de radiación hasta el momento en que se le retiran los implantes o decaen hasta niveles aceptables. Sin embargo, al tratarse de fuentes encapsuladas, estos pacientes no presentan riesgo de contaminación. El paciente con implantes permanece aislado en una habitación hasta que se le retiran las fuentes radiactivas.

En alguna ocasión se ha dado el caso de que alguna de las fuentes se haya salido de su ubicación dentro del paciente y ha quedado entre las ropas de la cama. Si tal cosa ocurriera, no debe tocarse ni recogerla, sino actuar de acuerdo con el plan de emergencia establecido.

Resumen

Las máquinas de rayos X y los aceleradores lineales pueden ser conectadas y desconectadas y sólo emiten radiación cuando están conectadas. En cambio, las sustancias radiactivas emiten radiación continuamente, así que hay que introducirlas en contenedores blindados para que no escape radiación cuando no están en uso.[4]

3.3. EVOLUCIÓN DEL USO Y LAS NORMATIVAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN.

En el campo de la medicina, las radiaciones ionizantes se usan tanto para el diagnóstico, como para el tratamiento de algunas enfermedades, ya que permiten obtener imágenes del interior de las personas, así como también se pueden destruir células tumorales, con dosis altas de radiación.

En los primeros procedimientos radiológicos, se necesitaban de largos tiempos de exposición de los pacientes para lograr las imágenes, lo que ocasionaba que las lesiones por radiación fueran bastante frecuentes.[5]

Los rayos X fueron descubiertos en 1895 por un físico alemán llamado Röntgen. No fue hasta 1896 que se hizo el primer examen médico por rayos X.

Es en el año 1904 que muere el primer paciente a causa de la alta exposición a la radiación que debían someterse los pacientes para hacer un diagnóstico médico.

Alrededor del año 1910 y luego de que fallecieran algunos pacientes, las lesiones agudas empezaron a ser controladas, cuando los efectos de los rayos X fueron estudiados científicamente.

Con la introducción del tubo de Coolidge y el transformador de snook, la frecuencia de registro de lesiones de los tejido superficiales disminuyó.

Entre los años 1915 y 1922, se produce una declaración sobre la importancia de las medidas de seguridad en radiología y se hace el Primer estudio para establecer niveles aceptables de irradiación.

Durante los años siguientes se han desarrollado diferentes encuentros, congresos y se han creado comités para establecer medidas de protección radiológica, no sólo para pacientes, sino también para profesionales.

Se crea el Comité Científico de las Naciones Unidas para el estudio de las radiaciones ionizantes, y pocos años después, se crean la Agencia Internacional de Energía Atómica y la EURATOM.

En España en 1980 se crea el CSN (Consejo de Seguridad Nuclear) que entre sus tareas principales, se encarga de regular el funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas, proponer reglamentaciones y normativas, controlar las dosis de los trabajadores, proporcionar apoyo técnico en caso de emergencia nuclear o radiactiva, realizar y promover planes de investigación, entre otras tareas. **[6-7-8-9-10]**

En la actualidad, son muchas las especialidades que utilizan radiaciones ionizantes. Por ejemplo en radiodiagnóstico se utilizan los rayos X procedentes de una fuente externa para obtener imágenes con el objetivo de diagnosticar enfermedades o alteraciones de los órganos y tejidos del cuerpo; la Medicina Nuclear utiliza la radiación introduciendo en el organismo una sustancia radiactiva para ayudar a diagnosticar enfermedades, y también para tratarlas, mientras que la Oncología Radioterápica utiliza diferentes formas de radiación para tratar distintos tipos de cáncer.

En todas estas prácticas, son los profesionales y técnicos quienes ejecutan los equipos y están presentes en la sala con los pacientes para asistirlos o indicarles como proceder para poder obtener las imágenes. También se utiliza la radiación en procedimientos quirúrgicos, por lo cual hay muchos profesionales médicos que están en contacto permanente con la radiación.

- 1895 ● Descubrimiento de los rayos X por Roentgen.
- 1896 ● Primer exámen médico por rayos X.
- 1904 ● Primer muerte causada por la exposición a la radiación.
- 1915 ● Se hace una declaración sobre la importancia de las medidas de seguridad en radiología.
- 1922 ● Primer estudio para establecer niveles aceptables de irradiación. Realizado por la Sociedad Americana de rayos Roentgen.
- 1925 ● Primer Congreso Internacional de Radiología. Nace el CIUR (Comisión internacional de unidades y medidas de radiación).
- 1928 ● Segundo Congreso Internacional de Radiología. Se crea el Comité Internacional de protección Radiológica (CIPR).
- 1955 ● Nace el Comité científico de las Naciones Unidas para el estudio de las radiaciones ionizantes.
- 1957 ● Se crea la Agencia Internacional de Energía Atómica.
 - Se crea la EURATOM (La Comunidad Europea de la Energía Atómica).
- 1980 ● Se crea el CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)
- 1990 ● Real Decreto 1132/1990, por el que se establecen medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos.
- 1996 ● Creación de las “Normas básicas internacionales para la protección contra las radiaciones ionizantes y la seguridad de fuentes de radiación”.
- 2001 ● Real Decreto 783/2001, sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.
 - Aprobación del Plan de acción internacional para la protección radiológica de pacientes.
- 2009 ● Real Decreto 1085/2009, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico.

3.4. MÉTODOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Precauciones a tomar para minimizar la exposición a la radiación. Es necesario aplicar medidas de protección radiológica para protegerse frente a la radiación producida por los equipos emisores de rayos X y rayos gamma, así como frente a la radiación y contaminación originada por las sustancias radiactivas. [4-11]

Protección frente a la radiación

Los métodos más efectivos para protegernos de la radiación son:

1. Minimizar el tiempo
2. Maximizar la distancia
3. Maximizar el blindaje

3.4.1. Tiempo

Conforme aumenta el tiempo transcurrido en presencia de un campo de radiación, la dosis de radiación aumenta. Por lo tanto es necesario minimizar el tiempo de permanencia en aquellas áreas donde existe radiación. Si en razón del tipo de trabajo que se realiza es necesario permanecer en áreas donde existen radiaciones, el personal debe planificar sus tareas con antelación para reducir el tiempo de trabajo en las mismas. Esto es aplicable al personal de enfermería al cuidado de pacientes tratados mediante terapias que requieren la administración de sustancias radiactivas o la implantación de fuentes radiactivas, al personal de limpieza y mantenimiento. En los tratamientos de radioterapia externa (teleterapia) esto no es necesario, ya que únicamente el paciente penetra en la sala donde se le administra el tratamiento, así que la dosis de radiación al personal es nula.

3.4.2. Distancia

La variación de la exposición con la distancia está regida por la ley del inverso del cuadrado de la distancia. Duplicar la distancia entre una persona y una fuente de radiación reduce la dosis de radiación recibida a la cuarta parte. Así que es buena práctica mantener la máxima distancia posible a las fuentes de radiación. En un quirófano o sala de urgencias, el personal de enfermería no puede a veces dejar al paciente cuando van a hacerle una radiografía o un examen radioscópico, pero puede al menos alejarse lo más posible del equipo de rayos y ponerse un delantal plomado.

3.4.3. Blindaje

Se llama blindaje al material capaz de absorber la radiación. Cuanto más grueso sea, más disminuirá la radiación al otro lado del mismo. Algunos materiales son mejores que otros. El plomo y el hormigón se utilizan para atenuar los rayos X y la radiación gamma. Las salas de rayos X suelen estar forradas de plomo o construidas con ladrillos de material absorbente (como la barita). Para proteger el cuerpo cuando se permanece en el interior de la sala durante la exploración radiológica, se utilizan delantales, protectores tiroideos y guantes plomados. En medicina nuclear pueden utilizarse ladrillos de plomo, protectores plomados para viales y jeringas. [4-12]

3.5. VIGILANCIA DE LA RADIACIÓN Y DOSIMETRÍA PERSONAL

¿Cómo saber que los niveles de radiación se hallan dentro de valores aceptables?

La vigilancia de la radiación se realiza utilizando instrumentos especiales llamados detectores de radiación. El personal del servicio de protección radiológica mide los niveles de radiación existentes durante la operación de un equipo generador de radiaciones, comprobando así la adecuación de los blindajes. Además, en el momento de su instalación, antes de su utilización con pacientes, realiza una verificación exhaustiva del funcionamiento del equipo. Además de estas pruebas iniciales, se realizan controles periódicos.

En aquellas áreas donde se utilizan, preparan o almacenan sustancias radiactivas deben ser objeto de vigilancia radiológica periódica (diaria, semanal, mensual ..) en función del uso y de los requerimientos legales.

Las medidas de vigilancia tienen como objetivo mantener los niveles de radiación tan bajos como sea razonablemente posible.

3.5.1. Límites de dosis

El Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, establece unos límites para la dosis efectiva de radiación que no pueden superarse, y son los siguientes:

- Trabajadores expuestos: Pueden recibir hasta 100 mSv* en 5 años (media de 20 mSv al año), pero sin superar los 50 mSv en un año. La trabajadora embarazada no podrá recibir una dosis de radiación tal que la dosis al feto sea superior a 1 mSv durante todo el embarazo.
- Público: Puede recibir hasta 1 mSv al año, pero en circunstancias especiales se podrá permitir un valor superior, siempre que no se supere el valor de 5 mSv en 5 años.

[4-6] [Fig.2]

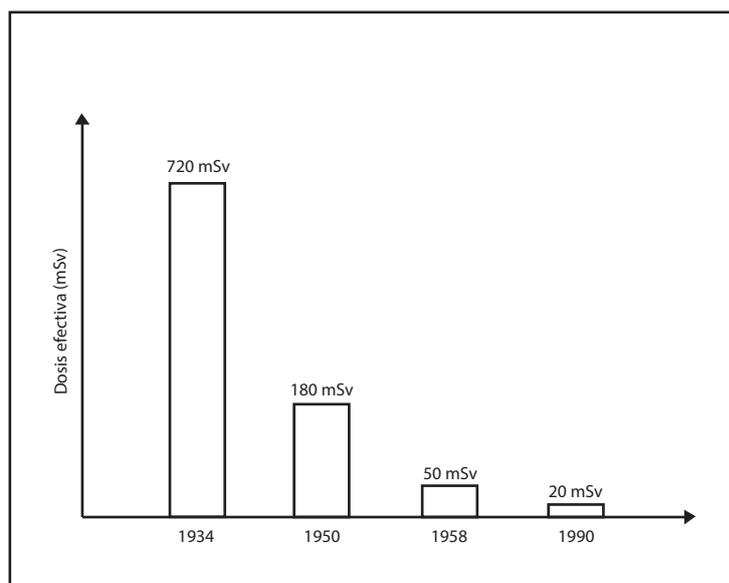


Fig. 2 . Evolución de los límites de exposición anual recomendado para trabajadores.

*1 (sievert) Sv = J.kg⁻¹ 1 mSv: una milésima parte del sievert. [13]

3.5.2. Instrumentos de medida

La vigilancia se realiza mediante monitores de radiación portátiles, o a veces con dosímetros, y los resultados obtenidos se comparan con los límites de dosis. Además de las medidas anteriores, los trabajadores que desarrollan su tarea en el interior de zonas controladas deben llevar un dosímetro personal que permita conocer su nivel de exposición a las radiaciones. Estos dispositivos registran la exposición que un trabajador recibe por estar empleado en una instalación determinada. El dosímetro es personal e intransferible, se lleva durante un mes y al cabo de este periodo se envía para su lectura a un centro autorizado. La dosis de radiación recibida queda registrada en un historial dosimétrico del individuo, que tiene carácter legal y debe conservarse durante un periodo de tiempo de 30 años.[4]

Clase	Dosis efectiva característica (mSv) ²	Ejemplos
0	0	Ecografía, resonancia magnética
I	<1	Radiografía de tórax, de extremidades o pelvis. Gammagrafías renales (niños).
II ¹	1-5	Urografía intravenosa, radiografía de columna lumbar. Gammagrafía ósea. TC de cabeza y cuello
III	5-10	TC de tórax y abdomen. SPECT de perfusión cardíaca. PET-FDG. Procedimientos intervencionistas
IV	>10	Algunos procedimientos intervencionistas con RX (por ejemplo, cateterismo cardíaco). Algunas pruebas de medicina nuclear (por ejemplo, gammagrafía con ⁶⁷ galio)

Fig. 3 . Dosis efectiva según el tipo de intervención y/o estudio.

3.6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Según la normativa de protección radiológica, además de recomendar tener en cuenta el tiempo de exposición y la distancia, hay muchos elementos indicados para actuar como blindaje. [12]

En estos elementos de protección podemos diferenciar aquellos que son equipamiento de la sala y/o consultorio, de aquellos que deben usar los especialistas.

Dentro del primer grupo podemos encontrar:

Mamparas de protección: suelen estar dentro de los quirófanos y pueden estar colgadas del techo o adheridas a las mesas de operación.

Paredes blindadas de hormigón con plomo: todas las paredes de las salas donde se utiliza la radiación, sea el uso que sea.

En el segundo grupo se encuentran los epis.

Un epi es un equipo de protección individual, en este caso que protege de la radiación, y lo debe utilizar el personal sanitario que utilice radiación en su tarea.

En estos epis me centraré con especial atención, ya que en base a un análisis del mercado actual, es desde donde partiré para proponer mi proyecto.

Dentro de este grupo podemos encontrar una amplia variedad, ya que dependiendo de la tarea y la función de la persona, las características y el nivel de protección que debe tener:

Dispositivos de protección de profesionales.

- Delantales de protección.
- Collares de tiroides.
- Guantes de protección.
- Manoplas de protección.
- Gafas de protección.

Dispositivos de protección para pacientes.

- Delantales de protección de gónadas.
- Protectores de escroto.
- Protectores de ovarios.
- Protectores de sombra.
- Delantales de protección para uso dental.

Todos estos elementos deben garantizar la seguridad del usuario, para lo cual existe una norma internacional que los regula.

También es deber del personal sanitario afectado, el cuidar como corresponde los equipos, ya que podrían fracturarse o quebrarse e ir perdiendo el nivel de protección.

Existe además un protocolo de medición constante de la radiación que reciben estos profesionales, por lo cual suelen usar un anillo o medidor de radiación, que lleva la cuenta de la radiación recibida a lo largo del año, para saber cuándo un profesional ha llegado al límite anual y debe dejar de realizar su labor.

3.7. TEXTILES DE PROTECCIÓN

Para elegir el textil adecuado, debemos saber de qué peligro nos tendremos que proteger.

3.7.1. Textiles de protección contra la radiación UV, cada vez se desarrollan mas tejidos de uso cotidiano, con niveles altos de UPF (Factor de protección Ultravioleta). Los textiles suelen ser de fibras sintéticas, ya que absorben mejor la radiación que las fibras naturales. Los hilos pueden ser opacos y con un bajo porcentaje de porosidad en las fibras. A los textiles también se les puede hacer un tratamiento posterior y acabados para generar la baja porosidad en el tejido.

Además de ser utilizados en indumentaria de trabajo, cada vez hay mas indumentaria de vestir que brinda esta protección. [14-15]

3.7.2. Textiles de protección contra la radiación ionizante.

Una de las medidas mas importantes de protección contra la radiación, es el uso de los textiles, que pocas veces se habla sobre ellos concretamente. Esto se debe a que en las normas de vigilancia y control de la exposición a la radiación, no se establece un epi en concreto que sea obligatorio su uso y que sea capaz de proteger completamente al personal sanitario o a los pacientes.

Si bien el uso de las batas, los protectores de tiroides o gónadas, guantes, gafas, entre otros, siempre es obligatorio dependiendo de la intervención que se vaya a realizar, no se suele especificar un modelo o una marca en especial.

En el mercado existen varios productos que ofrecen protección contra la radiación, donde su composición es muy similar, siempre utilizan el plomo como el metal que brinda la mayor protección, en forma de recubrimiento y el textil suele ser de un material polimérico.

Existen distintos niveles de protección, dependiendo de la necesidad.



Fig.4 Batas de protección.

Los textiles mas conocidos y usados son las batas, que pueden ser completas o también combinar chaqueta con falda, para darle más comodidad y facilidad de movimiento al usuario.

Uno de los grandes inconvenientes es el alto peso que tienen estos epis, ya que tienen un alto contenido de plomo para poder tener un mayor grado de protección, por lo cual no son muy cómodos para usarlos por largos períodos de tiempo y además su cuidado es muy importante ya que se quiebran con mucha facilidad y esto hace que pierda la capacidad de protección que tienen.

Los protectores de tiroides son muy importantes, ya que las glándulas tiroides son sensibles y podrían dañarse con facilidad al exponerse mucho tiempo a la radiación.

También están los protectores de gónadas tanto para hombres como para mujeres.

La protección de las manos y los ojos es muy importante, por lo cual existen guantes y gafas plomadas, que también se utilizan.



Fig.5. Protector de tiroides.



Fig. 6. Protector de gónadas



Fig. 7. Gafas plomadas



Fig.8. Guantes plomados

3.7.3. Otros textiles de protección contra la radiación. [16-17]

Existen otro tipo de textiles como:

- Textiles de protección contra las radiaciones cósmicas.
- Textiles de protección contra la radiación por microondas.
- Textiles de protección contra los rayos infrarrojos.

3.8. NORMATIVA DE LOS EPIS

Existen muchas normativas sobre la protección radiológica y los epis, pero actualmente solo hay dos que regulan y definen cómo deben ser los epis de protección contra la radiación.

La norma que habla general sobre los Equipos de Protección Individual (EPIs) es la La norma UNE-EN 61331-3:2015 sobre Dispositivos de protección contra la radiación X de diagnóstico médico. Parte 3: Ropa, gafas y escudos de protección del paciente.[12]

También la Directiva 89/686/CEE del Consejo, de 21 de diciembre de 1989, sobre aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros relativas a los equipos de protección individual.

Según la normativa, para ser considerado EPI es necesario: [18-18]

- El EPI no tiene por finalidad realizar una tarea o actividad sino protegernos de los riesgos que la tarea o actividad presenta. No tendrán consideración de EPI, las herramientas o útiles aunque los mismos estén diseñados para proteger contra un determinado riesgo (herramientas eléctricas aislantes, etc.)
- El EPI debe ser llevado o sujetado por el trabajador y utilizado de la forma prevista por el fabricante. No puede ser considerado un EPI, por ejemplo, una banqueta aislante.
- El EPI debe ser elemento de protección para el que lo utiliza, no para la protección de productos o personas ajenas. Existen prendas utilizadas para la protección de alimentos o bien para evitar contagios de personas que, no tienen consideración de EPI.
- Los complementos o accesorios cuya utilización sea indispensable para el correcto funcionamiento del equipo y contribuyan a asegurar la eficacia protectora del conjunto, también tienen la consideración de EPI según el Real Decreto. En el caso de las caídas de altura, el equipo fundamental de protección es el arnés anticaídas. Para que este equipo ofrezca una protección adecuada, es necesario complementarlo con un elemento de amarre adecuado y con un absorbedor de energía. Estos dispositivos complementarios también son EPI y tanto el arnés anticaídas como los elementos de amarre deberán utilizarse conjuntamente.

Dentro de los EPIs existen diferentes categorías, según el tipo de peligro del cual protejan.

Los EPIs que protegen de la radiación ionizante son los de categoría 3.

EPis destinados a proteger al usuario de todo peligro mortal o que pueda dañar grave e irreversiblemente su salud, sin que pueda detectarse a tiempo su efecto inmediato.

- EPI de protección respiratoria filtrantes
- EPI de protección respiratoria aislantes de al atmósfera
- EPI contra riesgos eléctricos
- EPI contra agresiones térmicas (calor o frío)
- **EPI contra agresiones químicas o radiaciones ionizantes (protección limitada)**
- EPI contra caídas de altura

La principal norma, UNE-EN 61331-3:2015 determina ciertos conceptos que deben cumplirse a la hora de desarrollar un epi de protección contra la radiación. **[15-16]**
Enumero las cuestiones que me parecen relevantes para el desarrollo de mi proyecto.

3.8.1. Generalidades

[Los delantales de protección y los collares de tiroides están previstos para ser usados por personas que están presentes en la sala de exploración durante las exploraciones radiológicas con o sin procedimientos de intervención. Están previstos principalmente para proteger la parte principal del cuerpo de los operadores. Para proteger el cuerpo completo, son útiles dispositivos de protección adicionales, por ejemplo, gafas de protección y cascos.]

Para los propósitos de esta norma, se definen cuatro diferentes categorías de DELANTALES DE PROTECCIÓN:

- Delantales de protección de uso limitado.
- Delantales de protección de uso intensivo.
- Delantales de protección cerrados de uso limitado.
- Delantales de protección cerrados de uso intensivo.

[Los delantales de protección de uso limitado se pueden usar por ejemplo en quirófano o en sala de yeso, o si la zona significativa de ocupación está protegida contra la radiación dispersa por otros dispositivos de protección, por ejemplo fijados al equipo de rayos X.]

3.8.2. Diseño

Los delantales de protección deben estar formados por una o más capas de material protector y deben estar diseñados para cubrir la parte frontal del cuerpo desde la garganta hasta al menos las rodillas, todo el esternón y los hombros.

El ancho del material en cada hombro no debe ser menor de 8cm para las personas con un perímetro torácico mínimo de 76cm (conforme la norma EN 340:2003) y se debe ajustar según aumente el perímetro torácico.

Los puntos de costura sin protección u otros orificios que unen partes no se deben permitir en la parte frontal del delantal de protección.

[No se considera la radiación X a través de los orificios de los puntos de costura que unen partes sobre la parte trasera o lateral, debido a la orientación del frontal del operador hacia la fuente de radiación.]

Los delantales de protección cerrados deben estar diseñados para cubrir adicionalmente:

- los laterales del cuerpo desde no mas de 10cm por debajo de la axila hasta las rodillas.
- la parte posterior hasta las rodillas.

Los delantales de protección cerrados deberían estar diseñados para permitir la ventilación. Para este propósito, se pueden proporcionar cierres de solapamiento en los laterales, cuyas aberturas estén dirigidas hacia la parte posterior, o un cierre dejando una ranura vertical al descubierto en el medio de la espalda.

[Los delantales de protección pueden estar formados por dos piezas de solapamiento, un chaleco y una falda.]

Los delantales de protección cerrados pueden tener paneles de solapamiento con fijaciones frontales. Cuando dichos paneles de solapamiento sólo proporcionan un solapamiento parcial, cada panel frontal debe tener el equivalente de plomo requerido en el apartado **materiales**. Cuando dichos paneles solapan totalmente, lado a lado, proporcionando una protección completa a toda la parte delantera del cuerpo, cada panel frontal puede tener la mitad del equivalente de plomo requerido en el apartado **materiales**.

Los collares de tiroides deben estar diseñados para cubrir la mitad frontal del cuello, incluyendo la glándula tiroides, y se deberían extender desde la parte inferior de la mandíbula hasta el escote del delantal de protección. Los collares de tiroides pueden estar cosidos al delantal o estar separados. Si están separados, deben tener un contorno de cuello completo con fijaciones en la parte trasera.

3.8.3. Materiales

“Los materiales que afectan a la ATENUACIÓN se deben distribuir homogéneamente y deberían contener elementos de un número atómico mayor a 47.”

El material de protección y cualquier recubrimiento y fijación textil debe ser flexible.

- a) El equivalente de plomo de los delantales de protección de uso limitado no debe ser menor de 0.25mm de Pb sobre la superficie completa.
- b) El equivalente de plomo de los delantales de protección de uso intensivo no debe ser menor de 0.35mm de Pb para la sección frontal, y no menor de 0.25mm de Pb para las partes restantes.
- c) El equivalente de plomo de los delantales de protección cerrados de uso limitado no debe ser menor de 0.25mm de Pb sobre la superficie completa.
- d) El equivalente de plomo de los delantales de protección cerrados de uso intensivo no debe ser menor de 0.35mm de Pb para la sección frontal y no menor de 0.25mm de Pb para las partes restantes.
- e) El equivalente de plomo de los collares de tiroides no debe ser menor de 0.35mm de Pb.

El equivalente de plomo se debe determinar según se describe en la Norma IEC 61331-1, mediante el método de geometría de haz ancho inverso para el rango ESPECIFICADO de CALIDADES DE RADIACIÓN DE 50kV, 70kV, 90kV y 110kV, conforme el apartado 5.5 de la Norma IEC 61331-1.

[Los delantales de protección y los collares de tiroides se usan para la protección contra la radiación difusa y son ensayados en el rango de tensión del tubo de 50kV a 110kV. Sin embargo, dichos dispositivos y materiales son útiles para la radiación difusa de haces de rayos X primarios con tensiones del tubo de 60kV a 120kV ya que el espectro difuso de estos, coincide con el de los haces primarios que tienen tensiones del tubo de 10kV menos.]

Cuando los delantales de protección de uso intensivo o de uso intensivo cerrado o los collares de tiroides se usan para exploraciones radiológicas o en procedimientos donde hay una exposición a energía de radiación superior, mayor de 125kV, por ejemplo en procedimientos “en salas de tomografía computarizada asistida”, dichos delantales de protección también deberían cumplir o exceder los valores de equivalente de plomo para las calidades de radiación de 150kV, y deben estar marcados o etiquetados consecuentemente.

3.8.4. Dimensiones.

Los delantales de protección deben tener las dimensiones para cumplir el criterio de diseño del apartado **diseño** y deberían tener las dimensiones conforme a la Norma EN 13402-3. El ancho de los delantales de protección de uso limitado y uso intensivo, y el ancho del área frontal de los delantales de protección cerrados de uso limitado y uso intensivo, debe ser al menos del 60% de la circunferencia mas grande del tórax, la cintura o de las caderas del tamaño del cuerpo referenciado en la Norma EN 13402-3.

3.9. ANÁLISIS DE MERCADO

A continuación se mostrará un estudio de mercado de los distintos EPI's que hay actualmente disponible para los médicos expuestos a radiación. [20-21-22]

Nombre Comercial / imagen	Material	Usuario	Niveles de protección	Características.
<p>PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA TIROIDES</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Tejido de plomo y nylon con teflón para hacerlo impermeable y resistente a las manchas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para los operadores de los rayos x o para los pacientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - 0,50mm Pb 	<ul style="list-style-type: none"> - Protector radiológico para las tiroides. - Ajustable mediante velcro. - Se confecciona en el tejido de plomo de mayor protección y en nylon con teflón que lo hace impermeable y resistente a las manchas. - Talla: Única - Norma: EN61331-1
<p>DELANTAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Capas de vinilo plomífero, le dan flexibilidad y un peso ligero. - Nylon + teflón para resistencia al agua y manchas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para todo el personal sanitario expuesto a radiaciones como puedan ser los radiólogos de los hospitales o de clínicas veterinarias. 	<ul style="list-style-type: none"> - 0,25mm de Pb. - 0,35mm de Pb. - 0,50mm de Pb. 	<ul style="list-style-type: none"> - Protege la parte delantera del cuerpo frente a los rayos X. - Dispone de unos tirantes ajustables con velcro que mejoran el reparto de peso para mayor comodidad. - Longitudes disponibles: 90, 100, 110 y 120cm - Ancho: 60cm - Normativa: EN61331-1

Nombre Comercial / imagen	Material	Usuario	Niveles de protección	Características.
<p>CONJUNTO FALDA Y CHALECO PARA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA</p> 	<p>- Tejido de plomo y nylon con teflón para hacerlo impermeable y resistente a las manchas.</p>	<p>- Adecuado para radiólogos.</p>	<p>- 0,25mm Pb - 0,35mm de Pb. - 0,50mm de Pb.</p>	<p>- Conjunto para protección radiológica formado por falda y chaleco. - Protege la parte delantera y trasera del cuerpo frente a los rayos X. - Ajustable mediante velcro. - Longitud total del conjunto: 102cm - Normativa: EN61331-1</p>
<p>DELANTAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA PACIENTES</p> 	<p>- Tejido de plomo y nylon con teflón para hacerlo impermeable y resistente a las manchas.</p>	<p>- Adecuado para pacientes de clínicas odontológicas.</p>	<p>- 0,25mm Pb - 0,35mm de Pb. - 0,50mm de Pb.</p>	<p>- Delantal plomado para la protección radiológica de pacientes principalmente en clínicas de odontología. - Protege totalmente la parte delantera y las tiroides de la radiación. - Talla: Única - Longitud: 80cm - Ancho: 60cm - Norma: EN61331-1</p>

Nombre Comercial / imagen	Material	Usuario	Niveles de protección	Características.
<p>DELANTAL O CHALECO PLOMADO DE PROTECCIÓN</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Tela interior plomada. - Exterior: PU antibacterial suave y lavable. - Versión libre de plomo: material de protección aleación Antitimonio y Bismuto 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para radiólogos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Frontal: 0,50mm en PB a 110 kV. - Espalda: 0,30mm en Pb a 110 kV. - Capacidad de atenuación superior a 97% @ 110 kVp. 	<ul style="list-style-type: none"> - Peso aproximado de 6 Kg en versión de plomo - Peso aproximado de 4,5 Kg en versión de libre de Pb. - Protección de tiroides desmontable. - Cierre con hebilla ajustable. - Correa que une al chaleco con el cuello. - Faja ajustable para apoyo a la región lumbar inferior. - Disponible en colores - Tallas disponibles: XS-S-M-L-XL. - Este producto esta registrado en el MSP de Costa Rica como EMB. (Equipo y material Biomedico) - Productos certitificados: ISO 9001:2008, IEC 61331-1:2014, IEC 61331-3:2014, BS EN 61331:2002.
<p>PROTECTOR DE TIROIDES PLOMADO.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Tela interior plomada. - Exterior: PU antibacterial suave y lavable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para todo el personal sanitario expuesto a radiaciones como puedan ser los radiólogos de los hospitales . 	<ul style="list-style-type: none"> - Protección equivalente a 0,50mm en PB a 110 kV. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño que proporciona facilidad de movimiento. - Cierre con hebilla. - Peso aproximado de 500 gramos. - Disponible en colores. - Productos certificados: ISO 9001:2008, IEC 61331-1:2014 IEC 61331-3:2014 BS EN 61331:2002 - Certificado EMB

Nombre Comercial / imagen	Material	Usuario	Niveles de protección	Características.
<p>DELANTAL O CHALECO PLOMADO ODONTOLÓGICO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Tela interior plomada. - Exterior: PU antibacterial suave y lavable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para uso odontológico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Protección equivalente a 0.5 mm en Plomo a 110kV - Capacidad de atenuación: superior a 97% a 110 kVp. 	<ul style="list-style-type: none"> - Peso aproximado de 3,7 Kg. - Cierre con velcro. - Proporciona protección del tórax y tiroides. - Protector de tórax y tiroides unido al chaleco. - Disponible en colores. - Este producto esta registrado en el MSP de Costa Rica como EMB. (Equipo y material Biomedico) - Productos certificados: ISO 9001:2008, IEC 61331-1:2014, IEC 61331-3:2014, BS EN 61331:2002.
<p>DELANTAL O CHALECO PLOMADO FRONTAL</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Tela interior plomada. - Exterior: PU antibacterial suave y lavable. - Versión libre de plomo, Material de protección Antimonio y Bismuto 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para todo el personal sanitario expuesto a radiaciones como puedan ser los radiólogos de los hospitales . 	<ul style="list-style-type: none"> - Protección equivalente a 0,50mm en PB a 110 kV. - Capacidad de atenuación: 96.1% a 110 kV 	<ul style="list-style-type: none"> - Peso aproximado de 4,7 Kg. - Peso aproximado de 4,5 Kg en versión de libre de plomo - Cierre con hebilla ajustable. - Protector de tiroides con correa para quitar y poner. - Almohadillas en los hombros. - Bolsillo en el pecho del lado izquierdo. - Disponible en colores. - Tallas disponibles: XS-S-M-L-XL. - Productos certificados: ISO 9001:2008, IEC 61331-1:2014, IEC 61331-3:2014, BS EN 61331:2002 - Certificado EMB

Nombre Comercial / imagen	Material	Usuario	Niveles de protección	Características.
<p>DELANTAL CHALECO Y FALDA PLOMADO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Tela interior plomada. - Exterior: PU antibacterial suave y lavable. - Versión libre de plomo, Material de protección Anti-monio y Bismuto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para todo el personal sanitario expuesto a radiaciones como puedan ser los radiólogos de los hospitales . 	<ul style="list-style-type: none"> - Protección frontal equivalente a 0.5 mm en Pb a 110kV. - Protección posterior equivalente a 0,3mm en Pb a 110kV. - Capacidad de atenuación: superior a 96,1% a 110 kV. 	<ul style="list-style-type: none"> - Peso aproximado de 8,5 Kg. - Peso aproximado de 6 Kg en versión de libre de Pb. - Cierre con hebilla ajustable. - Correa que une el chaleco con el cuello. - Almohadillas en los hombros. - Disponible en colores. - Talles disponibles: XS, S, M, L, XL. - Este producto esta registrado en el MSP de Costa Rica como EMB. (Equipo y material Biomedico) - Productos certificados: ISO 9001:2008, IEC 61331-1:2014, IEC 61331-3:2014, BS EN 61331:2002.
<p>PROTECCIÓN DE GÓNADAS PLOMADO PARA ADULTO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Tela interior plomada. - Exterior: PU antibacterial suave y lavable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para todo el personal sanitario expuesto a radiaciones como puedan ser los radiólogos de los hospitales . 	<ul style="list-style-type: none"> - Protección plomada equivalente a 0.5 mm en Pb a 110kV. - Capacidad de atenuación: superior a 96,1% a 110 kV. 	<ul style="list-style-type: none"> - Correa con hebilla para amarrar. - Peso aproximado de 300 gramos. - Disponible en colores. - Este producto esta registrado en el MSP de Costa Rica como EMB. (Equipo y material Biomedico) - Productos certificados: ISO 9001:2008, IEC 61331-1:2014, IEC 61331-3:2014, BS EN 61331:2002.

Nombre Comercial / imagen	Material	Usuario	Niveles de protección	Características.																								
<p>PROTECTOR PLOMADO GONADAL PARA ADULTO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Interior: 80% Pb + 20% resina y aditivos plásticos. - Exterior: nylon + teflón. Recubierto de PU. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para todo el personal sanitario y pacientes, expuestos a radiación. 	<ul style="list-style-type: none"> - 0,50mm Pb. - 1,00 mm Pb. 	<ul style="list-style-type: none"> - Protector testicular y ovárico para adultos. - Ajustable mediante velcro y cinturón. - 3 tallas: S, M, L. - El modelo superligero es un 15% menos pesado que el modelo estándar. 																								
<p>FALDILLA PLOMADA PROTECCIÓN PARTE DELANTERA ZONA GENITAL</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Interior: 80% Pb + 20% resina y aditivos plásticos. - Exterior: nylon + teflón. Recubierto de PU. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para todo el personal sanitario expuesto a radiaciones como puedan ser los radiólogos de los hospitales . 	<ul style="list-style-type: none"> - 0,25 mm de Pb. - 0,35 mm de Pb. - 0,50 mm de Pb. 	<ul style="list-style-type: none"> - Faldilla protectora de la zona genital delantera, con cinturón regulable. - Disponible en tres talles: S, M, L. - El modelo superligero pesa un 15% menos que el modelo estándar. <table border="1" data-bbox="1464 1082 2107 1465"> <thead> <tr> <th>Valor equivalente del plomo</th> <th>Grosor</th> <th>Peso</th> <th>Resistencia a la tensión (MN/m²)</th> <th>Resistencia al desgarro (N/m²)</th> <th>Alargamiento ante rotura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.25 mm Pb. superligera</td> <td>0.80mm</td> <td>3kg/m²</td> <td>Longitud 5.10/ anchura 5.10</td> <td>Longitud 11200/ anchura 11200</td> <td>Longitud 250%/ anchura 250%</td> </tr> <tr> <td>0.35 mm Pb. superligera</td> <td>1.12mm</td> <td>4.2kg/m²</td> <td>Longitud 4.55/ anchura 4.55</td> <td>Longitud 9500/ anchura 9500</td> <td>Longitud 250%/ anchura 250%</td> </tr> <tr> <td>0.50 mm Pb. superligera</td> <td>1.6mm</td> <td>6kg/m²</td> <td>Longitud 5.10/ anchura 5.10</td> <td>Longitud 11200/ anchura 11200</td> <td>Longitud 250%/ anchura 250%</td> </tr> </tbody> </table>	Valor equivalente del plomo	Grosor	Peso	Resistencia a la tensión (MN/m ²)	Resistencia al desgarro (N/m ²)	Alargamiento ante rotura	0.25 mm Pb. superligera	0.80mm	3kg/m ²	Longitud 5.10/ anchura 5.10	Longitud 11200/ anchura 11200	Longitud 250%/ anchura 250%	0.35 mm Pb. superligera	1.12mm	4.2kg/m ²	Longitud 4.55/ anchura 4.55	Longitud 9500/ anchura 9500	Longitud 250%/ anchura 250%	0.50 mm Pb. superligera	1.6mm	6kg/m ²	Longitud 5.10/ anchura 5.10	Longitud 11200/ anchura 11200	Longitud 250%/ anchura 250%
Valor equivalente del plomo	Grosor	Peso	Resistencia a la tensión (MN/m ²)	Resistencia al desgarro (N/m ²)	Alargamiento ante rotura																							
0.25 mm Pb. superligera	0.80mm	3kg/m ²	Longitud 5.10/ anchura 5.10	Longitud 11200/ anchura 11200	Longitud 250%/ anchura 250%																							
0.35 mm Pb. superligera	1.12mm	4.2kg/m ²	Longitud 4.55/ anchura 4.55	Longitud 9500/ anchura 9500	Longitud 250%/ anchura 250%																							
0.50 mm Pb. superligera	1.6mm	6kg/m ²	Longitud 5.10/ anchura 5.10	Longitud 11200/ anchura 11200	Longitud 250%/ anchura 250%																							

Nombre Comercial / imagen	Material	Usuario	Niveles de protección	Características.																								
<p>CONJUNTO CHALECO Y FALDA PLOMADOS</p> 	<p>- Interior: 80% Pb + 20% resina y aditivos plásticos. - Exterior: nylon + teflón. Recubierto de PU.</p>	<p>- Adecuado para operadores radiológicos.</p>	<p>- Protección frontal: 0,25 mm de Pb; 0,35 mm de Pb; 0,50 mm de Pb. - Protección trasera: 0,25mm de Pb.</p>	<p>- Conjunto de chaleco y falda. - Ajustable mediante velcro y cinturón. - 3 tallas: S, M, L. - El modelo superligero es un 15% menos pesado que el modelo estándar.</p> <table border="1" data-bbox="1451 467 2078 842"> <thead> <tr> <th>Valor equivalente del plomo</th> <th>Grosor</th> <th>Peso</th> <th>Resistencia a la tensión (MN/m²)</th> <th>Resistencia al desgarro (N/m²)</th> <th>Alargamiento ante rotura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.25 mm Pb. superligero</td> <td>0.80mm</td> <td>3kg/m²</td> <td>Longitud 5.10/ anchura 5.10</td> <td>Longitud 11200/ anchura 11200</td> <td>Longitud 250%/ anchura 250%</td> </tr> <tr> <td>0.35 mm Pb. superligero</td> <td>1.12mm</td> <td>4.2kg/m²</td> <td>Longitud 4.55/ anchura 4.55</td> <td>Longitud 9500/ anchura 9500</td> <td>Longitud 250%/ anchura 250%</td> </tr> <tr> <td>0.50 mm Pb. superligero</td> <td>1.6mm</td> <td>6kg/m²</td> <td>Longitud 5.10/ anchura 5.10</td> <td>Longitud 11200/ anchura 11200</td> <td>Longitud 250%/ anchura 250%</td> </tr> </tbody> </table>	Valor equivalente del plomo	Grosor	Peso	Resistencia a la tensión (MN/m ²)	Resistencia al desgarro (N/m ²)	Alargamiento ante rotura	0.25 mm Pb. superligero	0.80mm	3kg/m ²	Longitud 5.10/ anchura 5.10	Longitud 11200/ anchura 11200	Longitud 250%/ anchura 250%	0.35 mm Pb. superligero	1.12mm	4.2kg/m ²	Longitud 4.55/ anchura 4.55	Longitud 9500/ anchura 9500	Longitud 250%/ anchura 250%	0.50 mm Pb. superligero	1.6mm	6kg/m ²	Longitud 5.10/ anchura 5.10	Longitud 11200/ anchura 11200	Longitud 250%/ anchura 250%
Valor equivalente del plomo	Grosor	Peso	Resistencia a la tensión (MN/m ²)	Resistencia al desgarro (N/m ²)	Alargamiento ante rotura																							
0.25 mm Pb. superligero	0.80mm	3kg/m ²	Longitud 5.10/ anchura 5.10	Longitud 11200/ anchura 11200	Longitud 250%/ anchura 250%																							
0.35 mm Pb. superligero	1.12mm	4.2kg/m ²	Longitud 4.55/ anchura 4.55	Longitud 9500/ anchura 9500	Longitud 250%/ anchura 250%																							
0.50 mm Pb. superligero	1.6mm	6kg/m ²	Longitud 5.10/ anchura 5.10	Longitud 11200/ anchura 11200	Longitud 250%/ anchura 250%																							
<p>PROTECTOR PLOMADO PARA TIROIDES.</p> 	<p>- Interior: 80% Pb + 20% resina y aditivos plásticos. - Exterior: nylon + teflón. Recubierto de PU.</p>	<p>- Adecuado para todo el personal sanitario expuesto a radiaciones como puedan ser los radiólogos de los hospitales .</p>	<p>- 0,35 mm de Pb. - 0,50 mm de Pb.</p>	<p>- Faldilla protectora de la zona genital delantera, con cinturón regulable. - Disponible en tres talles: S, M, L. - El modelo superligero pesa un 15% menos que el modelo estándar.</p> <table border="1" data-bbox="1451 1169 2145 1265"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Referencia</th> <th rowspan="2">Equivalencia del Plomo en mm Pb</th> <th colspan="4">Porcentaje de protección ofrecida a varios voltajes</th> </tr> <tr> <th>60 kV</th> <th>80 kV</th> <th>100 kV</th> <th>125 kV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>010-X1513200</td> <td>0.35</td> <td>98</td> <td>98</td> <td>96</td> <td>93</td> </tr> <tr> <td>010-X1513300</td> <td>0.50</td> <td>99</td> <td>99</td> <td>97</td> <td>95</td> </tr> </tbody> </table>	Referencia	Equivalencia del Plomo en mm Pb	Porcentaje de protección ofrecida a varios voltajes				60 kV	80 kV	100 kV	125 kV	010-X1513200	0.35	98	98	96	93	010-X1513300	0.50	99	99	97	95		
Referencia	Equivalencia del Plomo en mm Pb	Porcentaje de protección ofrecida a varios voltajes																										
		60 kV	80 kV	100 kV	125 kV																							
010-X1513200	0.35	98	98	96	93																							
010-X1513300	0.50	99	99	97	95																							

3.9. Análisis de mercado

En el análisis anterior podemos ver varios factores que se repiten con respecto a los textiles de protección que existen actualmente.

Materialidad:

Si bien el polímero base puede variar entre PU, nylon teflonado y resinas con aditivos plásticos, la protección de partículas metálicas es un recubrimiento del textil y no forma parte de la composición de las fibras.

Usuarios:

Todos los textiles deben brindar protección, pero dependiendo del tipo de actividad que se vaya a realizar el formato de la bata o protector.

Niveles de protección:

La mayoría tienen tres niveles de protección de 0.25 - 0.35 - 0.50mm de Pb. Esto quiere decir que cada textil brinda una protección equivalente a lo que protege una placa de plomo de ese espesor, a tanta potencia de kV.

Ver explicación en figura. **[Fig.9-10]**

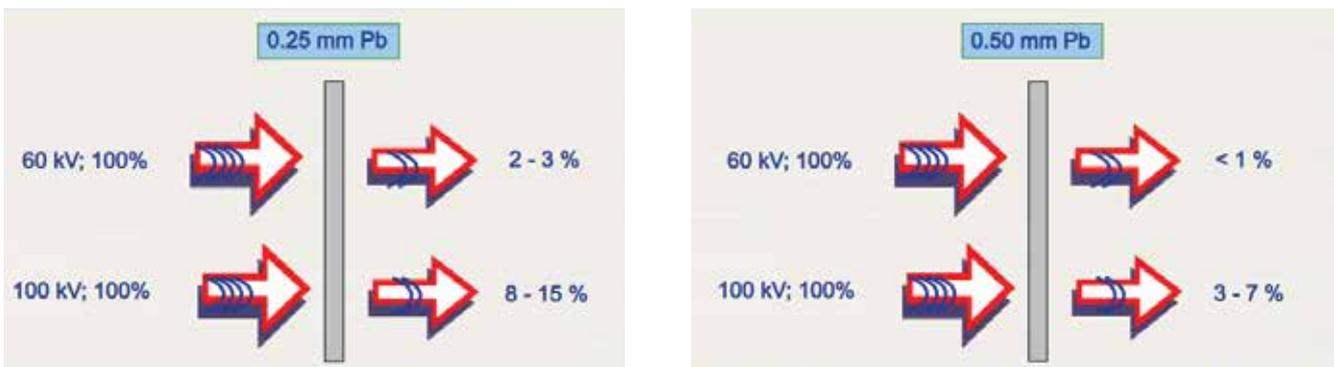


Fig. 9. Equivalencias de protección.

kV	Atenuación %		
	EqPb 0.25mm	EqPb 0.35mm	EqPb 0.50mm
50	99%	99%	99%
70	95%	98%	99%
90	91%	95%	98%
110	88%	92%	96%
120	86%	91%	95%
150	83%	88%	93%

Valores de atenuación del material para distintas EqPb y distintos valores de Kv

Fig. 10. Valores de atenuación del plomo.

Si bien la potencia de la radiación se expresa en kV (kilovoltios) o mV (megavoltios), existe una relación entre esta medida y el nivel de radiación anual que puede recibir una persona que se expresa en msV (milisievert).

Medidas de radiación: msV=Gy (gray) pero se usa para medir la radiación en personas.

Sale del cálculo de la radiación:

La **dosis absorbida** es una magnitud utilizada en radiología y protección radiológica, para medir la cantidad de radiación ionizante recibida por un material y más específicamente por un tejido o un ser vivo.

La **dosis equivalente** es una magnitud física que describe el efecto relativo de los distintos tipos de radiaciones ionizantes sobre los tejidos vivos. Su unidad de medida es el sievert. La dosis equivalente es un valor con mayor significado biológico que la dosis absorbida.

La dosis equivalente (unidad en sievert) **[H]** se calcula multiplicando la dosis absorbida por el tejido **[D]** por un factor de ponderación **[Wr]**.

$$H = Dt \times Wr$$

Este factor **[Wr]** se obtiene multiplicando el factor de calidad Q (que vale 1 para rayos X, rayos gamma y partículas beta, por un factor modificado N, que vale 1 para fuentes externas de radiación, pero que puede tomar otro valor definido por una autoridad competente cuando se usa para fuentes internas. **[23]**

En la actualidad existen dos problemas muy importantes que derivan del uso de radiación en la medicina.

En primer lugar, **no existe un textil con alta protección**, lo suficientemente ligero. Es importante que el textil sea ligero, ya que hay estudios o intervenciones que requieren de un uso prolongado de la bata o textil y al ser pesados, le provocan trastornos musculoesqueléticos a los usuarios.

En muchos casos, el peso de los delantales no está proporcionado en cuanto a la carga en espalda y delantera, o con respecto a la parte superior e inferior, por lo tanto esta diferencia puede ocasionar malas posturas y grandes esfuerzos por mantenerse en pie y realizar ciertos movimientos.[24]

En segundo lugar, no existe un EPI capaz de proteger de forma total el cuerpo de los trabajadores sanitarios. Si bien existen las batas, guantes, gorros y protectores de glándulas y tiroides, no hay ningún epi que se encargue de proteger todas estas partes del cuerpo, sino que hay que utilizar varias, dependiendo la intervención o estudio a realizar.

También podemos enumerar un tercer problema, relacionado con el uso de plomo, su toxicidad para el ser humano y para el medioambiente. Actualmente todos los epis de protección radiológica están hechos de plomo y son muy contaminantes a la hora de deshecharlos. Si bien el plomo es el metal que mejor protección brinda contra la radiación, existen otros metales que se pueden combinar y dar una protección igual o mayor a la del plomo, siendo menos tóxicos para el medioambiente y también para el ser humano.

Mi proyecto consiste en desarrollar un EPI textil con capacidad de **protección contra radiación ionizante ligero**, que brinde la protección máxima y con materiales que no sólo sean menos nocivos para el hombre, sino que también sean mas amigables con el medioambiente.

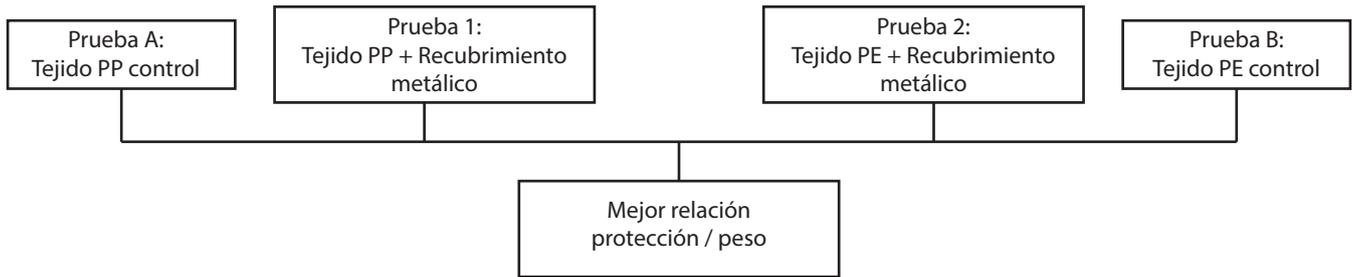
Hasta el momento no existe en el mercado ningún epi de protección radiológica, que no contenga plomo. Todos en mayor o menor proporción, utilizan partículas u óxido de plomo. Teniendo en cuenta esta situación y con el objetivo de **eliminar el uso de plomo** en la fabricación de batas y material de protección, en este proyecto dejaré planteada una metodología experimental para la producción de fibras **monofilamento de PP con óxido de bismuto y sulfato de bario**, con diferentes títulos. Para luego ser tejidas y producir prendas rentables, ligeras y resistentes a las roturas.

Para la elección de los materiales de protección me he basado en varios papers e investigaciones que han investigado y desarrollado muestras de recubrimientos con Óxido de bismuto y con Sulfato de bario. Además destacan que los metales pesados con mayor número atómico, tienen un poder de protección mayor. Si bien son materiales mas caros que el plomo, son menos nocivos. **[16-25-26-27-28-29]**

El bario tiene las siguientes propiedades; número atómico ($Z = 56$), densidad (4.5 g / cm^3) y número de masa atómica (137.33 AMU). El sulfato de bario (BaSO_4) se conoce como una sustancia química no peligrosa y un buen material de absorción de rayos X. El tamaño de las partículas juega un papel importante, especialmente en la escala de nanopartículas. Por ejemplo, los materiales nanoestructurados, debido a su tamaño muy pequeño, pueden presentar propiedades químicas y físicas novedosas en relación con el mismo compuesto químico con dimensiones en el rango microscópico o macroscópico **[25]**.

Publicaciones recientes proponen el uso de nanopartículas y nanoestructuras incrustadas en una matriz polimérica para rayos X y con fines de protección contra rayos γ .

Además, BaSO_4 es relativamente inerte, no tóxico, ambientalmente amigable, inofensivo para el cuerpo humano y fácil de mezclar otros compuestos. Más importante aún, BaSO_4 tiene un alto coeficiente de absorción de radiación, por lo que es adecuado para uso en la protección contra rayos X y rayos γ **[26]**.



6.1. Estudios previos

Antes de empezar con la experimentación, debemos asegurarnos que la mezcla de polvos metálicos funciona y protege.

Algunas investigaciones y ensayos de patentes, dejan en claro que la mezcla de óxido de bismuto (Bi_2O_3) y sulfato de bario (BaSO_4), en determinada proporción, podría ser mas eficiente que el plomo. Aún no está claro en que proporción de mezcla podría lograrse la protección máxima para reemplazar al plomo, por lo cual deberán probarse porcentajes altos, para asegurarnos que funcione.

Los polímeros que voy a recubrir serán PP y PE (Prueba 1 y 2), debido a que si funciona el recubrimiento, luego se pueden extruir fácilmente con los metales y formar las fibras.

Una vez listos los textiles, ensayaremos la cantidad de radiación que pueden absorber y la compararemos con dos muestras blancas de los mismos materiales sin metales (Pruebas A y B).

Muestra	35kV	50kV	80kV
PCONTROL-A			
PCONTROL-B			
PRUEBA-1			
PRUEBA-2			

Suponiendo que las pruebas han sido positivas, definiremos qué polímero tiene mejor relación protección/peso, ya que la propuesta es un textil que tenga el máximo de protección y el menor peso posible.

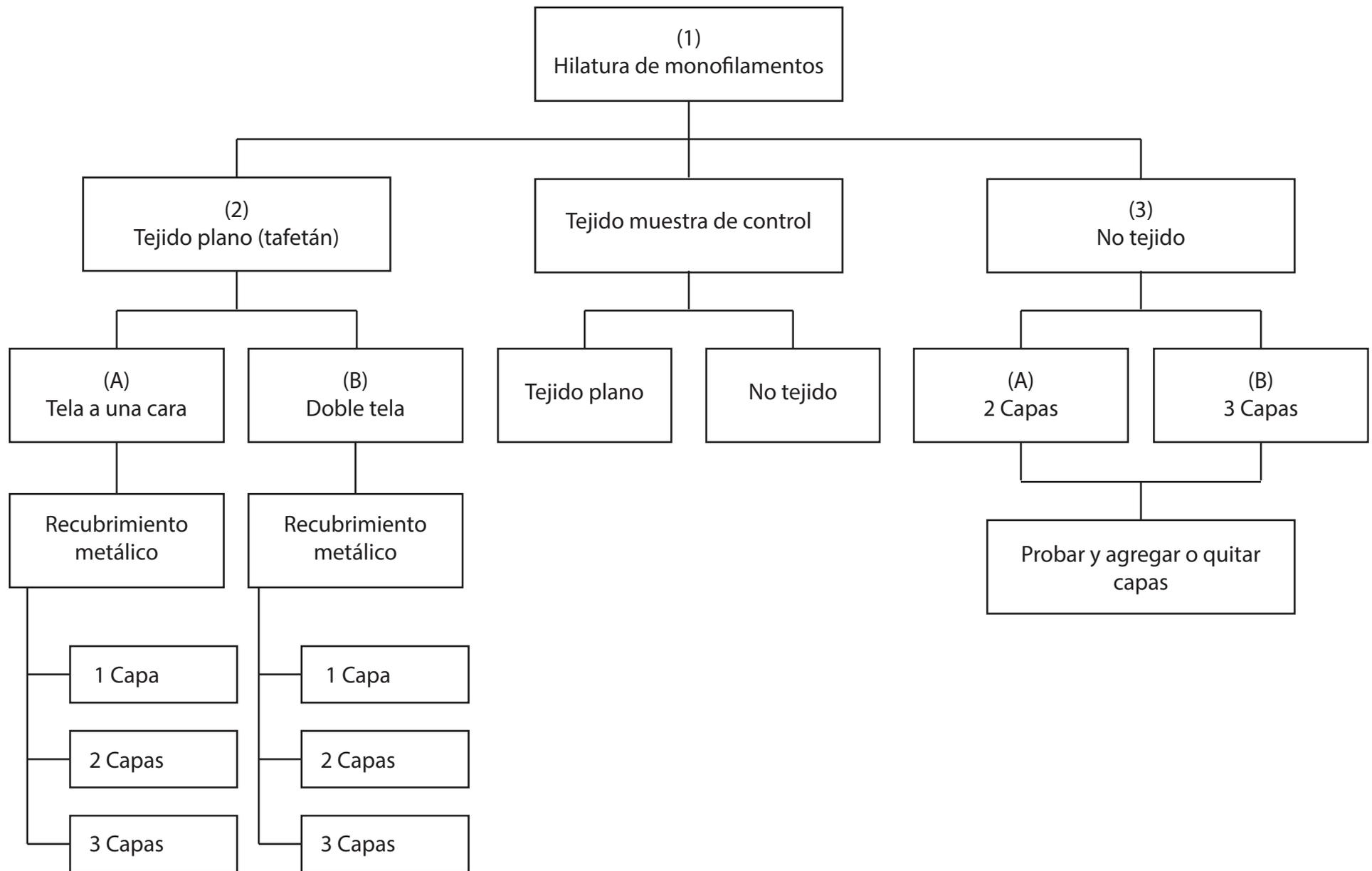


Fig. Proceso de experimentación.

6.2. Detalles experimentales

Materiales y métodos.

Metal de bismuto (Bi) en forma de polvo (Sigma Aldrich, 10 μ m) y polvo de sulfato de bario (BaSO₄, de Baser compañía minera, 5mm)

Se hará un compound con pelets del polímero que demuestre el mayor nivel de protección (Proceso previo donde se harán recubrimientos en tejidos de PP y PE para comprobar que la mezcla metálica es efectiva para la protección contra la radiación)

Se extrudarán tres títulos de hilado de 150-250-300 deniers, para tejer muestras.

El primer grupo serán telas en tejido de calada, de ligamento tafetán, con tres densidades de urdimbre y tres densidades de trama.

Se tejerán muestras solo del polímero para comparar la protección.

Se probarán varias capas de recubrimiento y se harán las mediciones de absorción de radiación para seguir con la Segunda parte.

En la segunda parte, se tejerán las dobles telas. Siguiendo el ligamento y las densidades de trama y urdimbre, se harán dobles y triples telas, con recubrimientos en cada cara y en la unión entre las partes, se utilizará una resina con partículas metálicas (las mismas que en la composición de la fibra).

Se harán también dobles y triples telas neutras para comparar.

Se medirán los índices de absorción de la radiación y se sacarán conclusiones al respecto de este proceso.

En el segundo grupo, se harán telas no tejidas, para evaluar si son más efectivas a la hora de proteger, debido a que su estructura no tiene la misma porosidad que la tela tejida en el telar de calada, por lo tanto, se busca comprobar cuál de los dos tejidos es mas efectivo.

En las telas no tejidas, se extrudarán a partir del compound realizando en un principio, y lo que se plantea es jugar con las variables, velocidad de la cinta, matriz de extrusión y la cantidad de mezcla polimérica-metálica, por segundo.

Se probarán varias combinaciones de variables, también con las muestras blancas para hacer la comparación en la medición, se harán las mediciones y se sacarán conclusiones al respecto.

6.3. Medición de la atenuación de rayos X

Las capacidades de protección contra la radiación de las muestras se midieron a voltajes de tubo de 80, 100 y 150 kV de acuerdo con los estándares de aplicación médica.

6.4. Proceso de hilatura por fusión de las fibras sintéticas. (1)

Para pasar al proceso de hilatura, primero debemos hacer un compounding que contenga el polímero y las partículas metálicas.

El proceso de compounding consiste en combinar diferentes materiales con propiedades particulares, para lograr un material nuevo con las características específicas que necesitamos para la aplicación del producto. En este caso al polímero le agregaremos las propiedades de protección contra la radiación que aportarán el Bi_2O_3 y el BaSO_4 .

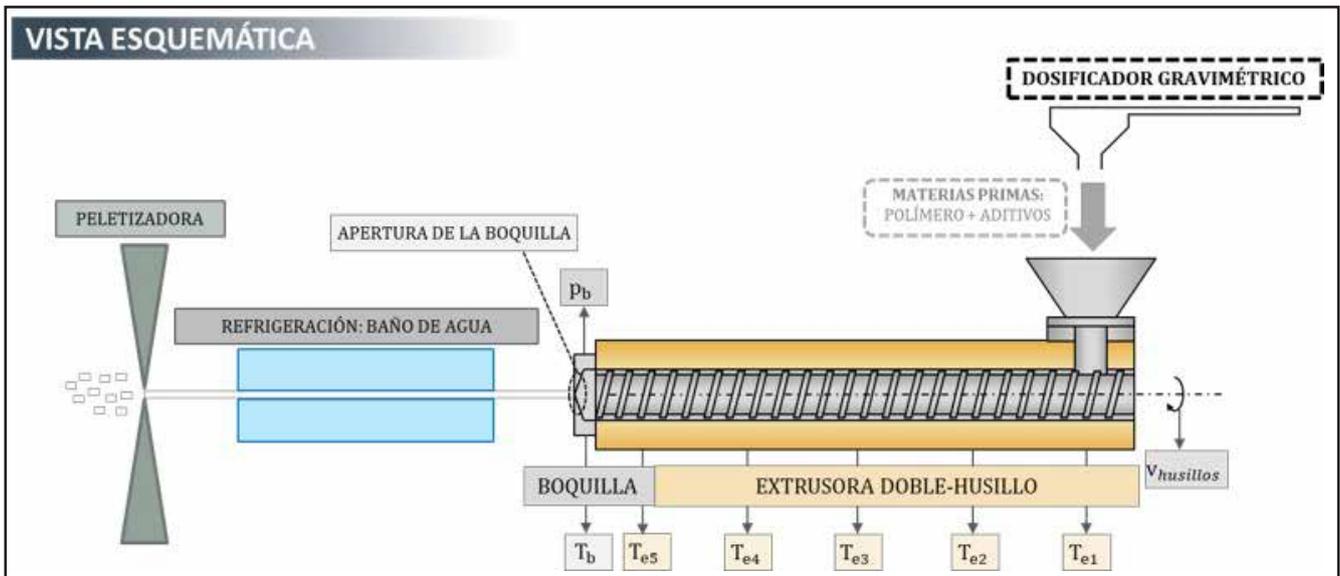


Fig.11. Proceso de compounding.

Hilatura por fusión.

El sistema de hilatura por fusión es un proceso de fabricación de fibras poliméricas. Consiste en fundir las partículas, en este caso el compound que hicimos (polímero + partículas metálicas). Una vez fundido, se hace pasar por una hilera para la extrusión de las fibras. Se solidifican mediante el uso de un sistema de enfriamiento rápido que transforma el material fundido en filamentos.

Es importante que la velocidad de extrusión sea constante.

Otros parámetros importantes son el diámetro, la velocidad media de extrusión y la temperatura de extrusión.

Una vez salidos de la máquina, los filamentos se enrollan en una bobina.

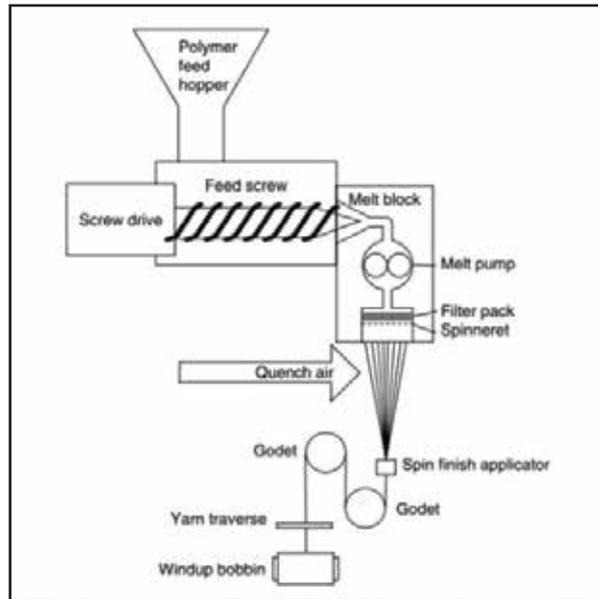


Fig.12. Proceso de Hilatura por fusión.

Si bien las variables del proceso que condicionan la formación de las fibras son varias, me centraré en establecer ciertos parámetros:

- Temperatura de extrusión.
- Velocidad de arrollado.
- Velocidad media de extrusión.
- Título de la línea de extrusión.

Definiré 3 hilos de diferentes títulos.

Hilado 1: 150 deniers.

Hilado 2: 250 deniers.

Hilado 3: 300 deniers.

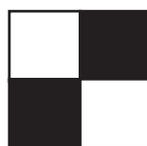
Para conseguir mayor grosor y tupidez del tejido, para mayor protección.

6.5. Tejido plano (2)

Para las muestras de tejido plano, lo conveniente es que sean del ligamento con mayor coeficiente de ligadura, que es el tafetán ($kl=1$)

(a) Tela A: Tejido a 1 cara.

Ligamento: tafetán.



D. urdimbre: 90-100-110 hilos por cm.

D. trama: 60-70-80 pasadas por cm.

Recubrimiento: Resina acrílica + óxido metálico con la misma mezcla de las fibras.

Cantidad de capas: x1 - x2.

La referencia de la muestra será una combinación de 7 letras y números, que nos brinden información específica del textil y no hay que estar perdiendo tiempo en saber que muestra es cual.

- 1° Tejido
- 2° Hilado
- 3°-4°-5° Configuración de trama y urdimbre.
- 6°-7° Cantidad de recubrimiento.

A	1	TU1	R1
<i>Tejido A</i>	<i>Hilado 1</i>	<i>Trama y Urdimbre 1</i>	<i>Recub. x1</i>

Muestra	Hilado 1	Hilado 2	Hilado 3	D.trama	D.urdimbre	Rec.1	Rec.2
A1TU1R1	X			90	90	X	
A2TU1R1		X		90	90	X	
A3TU1R1			X	90	90	X	
A1TU2R1	X			100	100	X	
A2TU2R1		X		100	100	X	
A3TU2R1			X	100	100	X	
A1TU3R1	X			110	110	X	
A2TU3R1		X		110	110	X	
A3TU3R1			X	110	110	X	
A1CONTROL	X			110	110		
A1TU1R2	X			90	90		X
A2TU1R2		X		90	90		X
A3TU1R2			X	90	90		X
A1TU2R2	X			100	100		X
A2TU2R2		X		100	100		X
A3TU2R2			X	100	100		X
A1TU3R2				110	110		X
A2TU3R2		X		110	110		X
A3TU3R2			X	110	110		X
A2CONTROL	X			110	110		

6.5.1. ANÁLISIS DE MUESTRAS.

Antes de empezar con la producción de las telas B, se hará una medición de absorción de la radiación de las primeras muestras, para tener algunos parámetros sobre si funciona o no, y también para poder hacer cambios con respecto a la segunda parte, ya que se propondrán telas dobles y triples. Es un buen momento para hacer comprobaciones y correcciones, también para pesar las muestras y saber si están dentro de los valores que se buscan.

Muestra	80kV	100kV	150kV	Peso m2
A1TU1R1				
A2TU1R1				
A3TU1R1				
A1TU2R1				
A2TU2R1				
A3TU2R1				
A1TU3R1				
A2TU3R1				
A3TU3R1				
A1CONTROL				
A1TU1R2				
A2TU1R2				
A3TU1R2				
A1TU2R2				
A2TU2R2				
A3TU2R2				
A1TU3R2				
A2TU3R2				
A3TU3R2				
A2CONTROL				

2 (b)

Tela B: Tela doble y triple.

Ligamento: tafetán.

Tejido 1: D. Urdimbre: 90 D. trama: 60 hilos/pasada.

Tejido 2: D. Urdimbre 100 D. trama: 70 hilos/pasada.

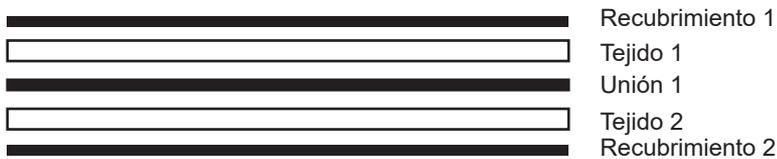
Tejido 3: D. Urdimbre 110 D. trama: 80 hilos/pasada.

Recubrimiento: Resina acrílica + óxido metálico con la misma mezcla de las fibras.

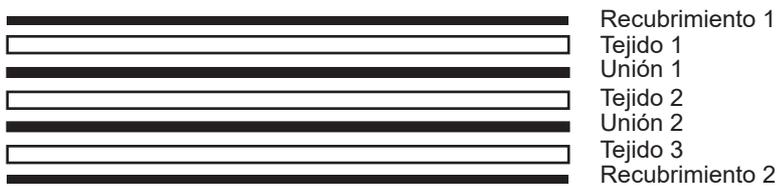
Doble tela: una capa entre medio que hace la unión de las telas.

Triple tela: dos capas entre medio de las telas para unir.

Doble tela



Triple tela



La referencia de la muestra será una combinación de 6 letras y números, que nos brinden información específica del textil y no hay que estar perdiendo tiempo en saber que muestra es cual.

- 1° Tejido.
- 2° Hilado.
- 3°-4°-5° Configuración de trama y urdimbre.
- 6° Doble tela o triple tela.

B	1	TU1	D ó T
<i>Tejido B</i>	<i>Hilado 1</i>	<i>TU1:1 TU2:2</i>	<i>Doble ó Triple</i>

Muestra	Hilado 1	Hilado 2	Hilado 3	Tejido 1	Tejido 2	Tejido 3	Doble tela	Triple tela
B1TU1D	X			X			X	X
B1TU2D	X				X		X	X
B1TU3D	X					X	X	X
B2TU1D		X		X			X	X
B2TU2D		X			X		X	X
B2TU3D		X				X	X	X
B3TU1D			X	X			X	X
B3TU2D			X		X		X	X
B3TU3D			X			X		X
BCONTROLD			X			X	X	
B1TU1T	X			X				X
B1TU2T	X				X			X
B1TU3T	X					X		X
B2TU1T		X		X				X
B2TU2T		X			X			X
B2TU3T						X		X
B3TU1T			X	X				X
B3TU2T			X		X			X
B3TU3T			X			X		X
BCONTROLT			X			X		X

ANÁLISIS DE MUESTRAS.

Para la medición de las muestras, se tejerán sólo dos muestras de control, que serán tejidas en los hilados mas gruesos, tejidos con la mayor densidad de urdimbre y la mayor cantidad de pasadas de trama, en doble y triple tela.

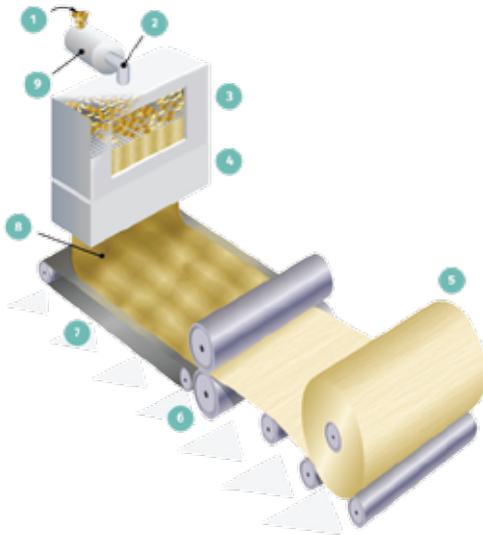
No tiene mucho sentido hacer dobles y triples telas de todas las densidades y los hilados ya que a mayor tupidez y densidad de tejido, ofrecerá un mayor valor de protección, el cual será muy bajo con respecto a las muestras con las partículas metálicas en su composición.

Muestra	80kV	100kV	150kV	Peso m2
B1TU1D				
B1TU2D				
B1TU3D				
B2TU1D				
B2TU2D				
B2TU3D				
B3TU1D				
B3TU2D				
B3TU3D				
BCONTROLD				
B1TU1T				
B1TU2T				
B1TU3T				
B2TU1T				
B2TU2T				
B2TU3T				
B3TU1T				
B3TU2T				
B3TU3T				
BCONTROLT				

Conclusiones.

Luego de tener las muestras de tejido plano, analizaremos el nivel de protección con respecto al peso, para sacar conclusiones sobre cuál proceso es el mas efectivo y también se podrán plantear nuevas hipótesis para hacer pruebas futuras, ya que los datos que nos puede arrojar esta parte del proyecto, son muy concretos y positivos.

6.6. Telas No tejidas.



- 1- Granza
- 2- Polímero fundido
- 3- Matriz de extrusión
- 4- Atenuador de filamentos (enfriamiento y estiramiento)
- 5- Bobinado
- 6- Cilindros de presión
- 7- Banda transportadora
- 8- Fibra dispersa formando no tejido
- 9- Cámara de fundido

Fig.13. Proceso de Spunbonded

Tejido no tejido por fusión. (Spunbonded)

Este proceso permite la fabricación de bandas no tejidas directamente a partir de la fundición de granza de compuestos a base de material polimérico.

Los gránulos de polímero se extruyen en filamentos a través de las llamadas hileras. Los filamentos continuos se estiran y se enfrían antes de depositarse sobre la cinta transportadora para formar una banda uniforme. El proceso de hilatura resulta en no tejidos con una mayor resistencia en comparación con el cardado, debido a la atenuación de los filamentos. La desventaja es que la elección de las materias primas es más restringida. La coextrusión de dos componentes conduce a fibras bico, ya sea agregando más propiedades a la banda o permitiendo la unión a través del aire.

Variables para definir los tipos de telas:

Tela C

Matriz de extrusión: 3 matrices.



Matriz 1



Matriz 2



Matriz 3

Velocidad de la cinta transportadora:

Velocidad 1: más rápida.

Velocidad 2: 1/2 velocidad 1.

[C] Concentración de producto:

Concentración 1: más concentración.

Concentración2: 1/2 concentración 1.

La referencia de la muestra será una combinación de 6 letras y números, que nos brindan información específica del textil y no hay que estar perdiendo tiempo en saber que muestra es cual.

- 1° Tejido.
- 2° Matriz (1-2-3)
- 3°-4° Velocidad (1-2)
- 5°-6° Cantidad de polímero.

C	1	V 1	[C] 1
<i>Tejido C</i>	<i>Matriz 1</i>	<i>Vel1:1 Vel2:2</i>	<i>Cant. pol. 1</i>

Muestra	Matriz 1	Matriz 2	Matriz 3	Vel. 1	Vel.2	[C]. pol. 1	[C]. pol. 2
C1V1Q1	X			X		X	
C1V2Q1	X				X	X	
C1V1Q2	X			X			X
C1V2Q2	X				X		X
C2V1Q1		X		X		X	
C2V2Q1		X			X	X	
C2V1Q2		X		X			X
C2V2Q2		X			X		X
C3V1Q1			X	X		X	
C3V2Q1			X		X	X	
C3V1Q2			X	X			X
C3V2Q2			X		X		X
C1CONTROL	X				X	X	
C2CONTROL		X			X	X	
C3CONTROL			X		X	X	

6.6.1. ANÁLISIS DE MUESTRAS.

Para la medición de las muestras, se harán sólo tres muestras de control, que serán tejidas con las tres matrices de extrusión, pero sólo se probarán dos parámetros, la velocidad mas lenta y la mayor cantidad de polímero. Se tomó esta determinación, ya que son los parámetros con los cuales deberían salir las telas no tejidas con mayor protección.

Muestra	80Kv	100Kv	150Kv	Peso m2.
C1V1Q1				
C1V2Q1				
C1V1Q2				
C1V2Q2				
C2V1Q1				
C2V2Q1				
C2V1Q2				
C2V2Q2				
C3V1Q1				
C3V2Q1				
C3V1Q2				
C3V2Q2				
C1CONTROL				
C2CONTROL				
C3CONTROL				

6.6.2. Conclusiones.

Luego de tener las muestras de las telas no tejidas, analizaremos el nivel de protección con respecto al peso, para sacar conclusiones sobre cuál proceso es el mas efectivo y también se podrán plantear nuevas hipótesis para hacer pruebas futuras, con respecto a si el tejido no tejido puede servir, analizar si la extrusión de las fibras con diferentes matrices tiene relevancia, parámetros como las velocidades y cantidades, y también tener en cuenta siempre el peso con respecto al nivel de protección.

Se elegirán las mejores opciones de protección, para la futura confección de las batas. Una vez confeccionados los prototipos, se deberán realizar ensayos de confort, para comprobar que además de proteger, son más cómodas que los productos que se ofrecen en el mercado actual.

6.6.3. Ensayos para medir el confort de las batas.

Para saber si las batas son más cómodas que las actuales, debemos hacer ciertos ensayos:

Evaluación del confort:

- Transpirabilidad de producto
- Ergonomía
- Suavidad (Kawabata)
- Ensayos de confort en usuarios

Goniometría electrónica

Medición de los ángulos que forman las articulaciones: cuantificar la ausencia de movilidad en la articulación.

6.6.4. Cuidados y mantenimiento.

Si bien las batas actuales requieren de muchos cuidados para no perder su capacidad de protección, el epi que se propone en este proyecto será más resistente, pero de todas formas deberá tener ciertos cuidados: **(Fig.14)**

1. Cuando la bata no esté en uso, colgarla adecuadamente.
2. No lavar. Utilizar alcohol o desinfectantes que no contengan abrasivos.
3. No planchar.
4. No usar secadora.
5. No escurrir.
6. Se deberá revisar periódicamente el nivel de protección contra la radiación.
7. Evitar situaciones en las que la bata se pueda rasgar.



1. Colgar correctamente



2. No lavar.



3. No planchar.



4. No usar secadora.



5. No escurrir.

Con este proyecto se esperan realizar 55 pruebas, para demostrar que la mezcla de un material polimérico con partículas metálicas de óxido de bismuto y sulfato de bario, sirve para producir textiles con alta protección contra la radiación ionizante.

Cabe esperar que los textiles conseguidos tengan entre un 20-30% de ligereza con respecto a textiles que tengan el mismo índice de protección, pero que en su composición llevan plomo.

Con respecto a la composición, es un punto positivo a destacar el uso de metales que no son tan tóxicos y nocivos como el plomo. Esto ayuda a no perjudicar la salud de los usuarios y a contribuir con el medioambiente a la hora de desecharlos.

El hecho de que las partículas metálicas se encuentren dentro de la fibra, hace al textil más seguro y duradero, debido a que ya no necesita de tantas capas de recubrimiento y por lo tanto, es un tejido más resistente, con menos probabilidades de agrietarse.

Una vez finalizadas las pruebas, con sus respectivas mediciones, análisis de datos y conclusiones, el informe final será muy útil para plantear un nuevo proyecto y proponer acciones futuras.

A futuro se podrían proponer varias acciones:

La primer acción será desarrollar los prototipos.

La experimentación está lista para presentar al técnico del laboratorio y desarrollar las muestras según los criterios citados y luego hacer ensayos y mediciones de absorción de radiación. Para tomar como punto de partida y de comparación, se debe seleccionar un textil que ya se encuentre en el mercado y que sea considerado como la mejor opción y que más se acerca a lo propuesto.

Pruebas con otros metales

Existen otros metales que han sido probados en ensayos y que han demostrado que pueden absorber la radiación ionizante.

Hay tejidos recubiertos o acabados con nanotubos de carbono. [32]

También hay recubrimientos de tungsteno, estaño o antimonio. [26-33]

Compuestos con microfibra de grafito, polímeros reforzados con arcillas, entre otros. [34-35]

Pruebas de tipos de tejidos, capas y/o recubrimientos

A partir de este proyecto, surgirá un abanico de posibilidades en cuanto al % de material (polímero + partículas metálicas), ligamentos de tejidos, superposición de capas y también recubrimientos.

Otro tipo de prestaciones.

Al ser textiles médicos, se podrían proponer otras prestaciones como la aplicación de acabados funcionales: antimanchas, antibactericida.

1. SACYL - Sanidad. Junta de Castilla y León. Enero 2019. "La radiación. Tipos de radiación".
<https://www.saludcastillayleon.es/AulaPacientes/es/pruebas-diagnosticas/pruebas-diagnostico-imagen/radiacion-tipos-radiacion>
2. Foro Nuclear. Mayo 2012. Rincón Educativo de Energía y Medioambiente.
http://rinconeducativo.org/contenidoextra/radiacio/a_aplicaciones_mdicas.html
3. Consejo de Seguridad Nuclear de España. Marzo 2015.
<https://www.csn.es/proteccion-radiologica/>
4. Gobierno de Aragón. Julio 2001. Protección radiológica para trabajadores del Hospital.
https://www.aragon.es/documents/20127/674325/Manual_trabajadores_ProtRad.pdf/b96d02f4-2e6f-adc6-a546-454c293ed687
5. John Le Herona, Renato Padovanib, Ian Smithc, Renate Czarwinskia. Junio 2010. "Radiation protection of medical staff" European Journal of Radiology.
6. Arias CF. La regulación de la protección radiológica y la función de las autoridades de salud. Rev Panam Salud Publica. 2006;20(2/3);188–97.
7. Tatiana González P. Febrero 2017. Origen y Evolución de la Protección Radiológica. Protección Radiológica en Medicina.
<https://www.slideshare.net/TatianaGonzlezP/origen-y-evolucion-de-la-proteccion-radiologica-proteccion-radiologica-en-medicina>
8. SEPR. Junio 1998. 8- "Normativa en protección radiológica".
<https://www.sepr.es/profesionales/normativa-sobre-proteccion-radiologica>
9. Mercedes Preciado Ramírez y Verónica Luna Cano. 2010. Instituto Nacional de Cancerología, México D.F. "Medidas Básicas de Protección Radiológica".
10. Servicio de Física Médica y Protección Radiológica HUCA. Octubre 2010. "Manual de protección radiológica de los centros hospitalarios pertenecientes a la red pública del Principado de Asturias".
11. Pentreath R. J. (2002). Radiation protection of people and the environment: developing a common approach. Journal of radiological protection : official journal of the Society for Radiological Protection, 22(1), 45–56.
12. AENOR. Agosto 2014. Norma UNE-EN 61331-3:2015: Dispositivos de protección contra la radiación X de diagnóstico médico. Parte 3: Ropa, gafas y escudos de protección del paciente.

13. Anibal Santos Hernández. Enero 2016. Definiciones y unidades de medida. Satirnet Safety.
14. Biswa Ranjan Das. Department of Textile Technology, Indian Institute of Technology Delhi, New Delhi, India. 2010. "UV Radiation Protective Clothing" The Open Textile Journal.
15. Robert Kramer, St. Louis, MO (US); Ronald Kramer, St. Louis, MO (US); Nicholas Marshall, Charleston, SC (US). Abril 2014. United States Patent: US 8,690,964 B2.
16. Torshin, A.; Tret'yakova, A.; Safonov, V.; Gubin, S. Enero 2016. Fibre Chemistry, Vol. 47 Issue 5, p403-404. 2p. 2 Black and White Photographs, 1 Chart.
17. Francis A. Cucinotta. NASA Lyndon B. Johnson Space Center, 2101 NASA Parkway, Houston, Texas 77058, USA. Noviembre 2011. "Physical basis of radiation protection in space travel". REVIEWS OF MODERN PHYSICS, VOLUME 83, OCTOBER–DECEMBER 2011
18. Servicio de prevención de riesgos laborales. Mayo 2015. "Equipos de protección individual en el laboratorio." Universidad de La Rioja.
19. SEPR. Junio 2019. "Elementos de protección individual para rayos X".
20. Soloepis. Agosto 2015. 20- Equipos de protección individual: Delantales plomados.
<https://www.soloepis.com/>
21. Colé. Noviembre 2019. Equipos de protección individual: Delantales plomados.
<http://colec.com/producto/delantal-plomado-proteccion-total-marca-cole/>
22. RFT Services. Septiembre 2013. Equipos de protección individual: Delantales plomados.
<http://www.rftservices.es/Delantales-Plomados/>
23. Anibal Santos Hernández. Enero 2016. Definiciones y unidades de medida. Satirnet Safety.
24. Diario Enfermero. Febrero 2015. "Los delantales de plomo provocan trastornos musculoesqueléticos en las enfermeras"
25. Maghrabi, H. A., Vijayan, A., Deb, P., & Wang, L. (2016). Bismuth oxide-coated fabrics for X-ray shielding. Textile Research Journal, 86(6), 649–658.
26. Aral, N., Banu Nergis, F., & Candan, C. (2016). An alternative X-ray shielding material based on coated textiles. Textile Research Journal, 86(8), 803–811.

27. Majid Mirzaei a, Mohammad Zarrebini a, Ahmad Shirani b, Mohsen Shanbeh a, Sedigheh Borhani. Diciembre 2018. "X-ray shielding behavior of garment woven with melt-spun polypropylene monofilament". Powder Technology, Volume 345, 1 March 2019, Pages 15-25.
28. Rashidi, M., Saffari, M., Shirkhanloo, H., & Avadi, M. R. (2015). Evaluating X-ray absorption of nano-bismuth oxide ointment for decreasing risks associated with X-ray exposure among operating room personnel and radiology experts. Health and Safety at Work, 5(4), 13-22.
29. Lakhwani, O. P., Dalal, V., Jindal, M., & Nagala, A. (2019). Radiation protection and standardization. Journal of clinical orthopaedics and trauma, 10(4), 738–743.
30. Sigma Aldrich. Julio 2020.
<https://www.sigmaaldrich.com/spain>
31. AITEX, Julio 2020.
<https://www.aitex.es/productos-salud-e-higiene-lab/>
32. Roshan Paul, 2015. Functional finishes for textiles. Improving comfort, performance and protection.
33. Karoline Günther a, Christina Giebing a, Antonia Askani a, Tilmann Leisegang b, Marcus Krieg c, Yordan Kyosev a, Thomas Weide a, Boris Mahltig. Octubre 2015. "Cellulose/inorganic-composite fibers for producing textile fabrics of high X-ray absorption properties". Materials Chemistry and Physics.
34. "Polymer-Composite Materials for Radiation Protection". Shruti Nambiar and John T. W. Yeow. Department of Systems Design Engineering and Waterloo Institute for Nanotechnology, University of Waterloo, Ontario, Canada.
35. Fujimori, T., Tsuruoka, S., Fugetsu, B., Maruyama, S., Tanioka, A., Terrones, M., Dresselhaus, M. S., Endo, M., & Kaneko, K. (2011). Enhanced x-ray shielding effects of carbon nanotubes. Materials Express, 1(4), 273-278.

Figuras:

1- Consejo de Seguridad Nuclear, 2012. “Tipos de radiación y materialidades”.
<https://www.csn.es/documents/10182/914805/La+proteccion+radiologica+en+el+medio+sanitario>

2- Arias CF. La regulación de la protección radiológica y la función de las autoridades de salud. Rev Panam Salud Publica. 2006;20(2/3);188–97.

3- Consejo de Seguridad Nuclear, 2012. “Dosis efectiva según el tipo de intervención y/o estudio”.
<https://www.csn.es/proteccion-radiologica/trabajadores>

4- Colé. Noviembre 2019. Equipos de protección individual: Delantales plomados.
<http://colectr.com/producto/delantal-plomado-proteccion-total-marca-cole/>

5-6- Soloepis. Agosto 2015. 20- Equipos de protección individual: Delantales plomados.
<https://www.soloepis.com/>

7- Gafas Radiológicas 33. Julio 2020.
<https://www.gafasradiologicas.com/producto/gafas-radiologicas-33/>

8- Proclinic, Julio 2020. Guantes plomados.
<https://www.proclinic.es/tienda/guantes-plomados.html>

9- Emelina Barrera. Junio 2014. “Parte 7. Exposición ocupacional y dispositivos de protección”.
<https://slideplayer.es/slide/301011/>

10- MKS Protección radiológica. “Valores de atenuación del plomo”.
<https://www.mksargentina.com/consideraciones-epp/>

11- CellMat technologies, 2015. “Línea de compounding”.
<http://www.cellmattechnologies.com/linea-de-compounding-2/>

12- AITEX, 2018. “Hilatura por fusión”.
<https://www.aitex.es/wp-content/uploads/2018/02/Informe-final-PROTEGIDO-1.pdf>

13- Oscar Textil. Abril 2015. “Spunbond y Meltblown”.
<http://oscartextil.blogspot.com/2015/04/spunbond-y-meltblown.html>

14- Símbolos de lavado. Julio 2020.
<http://www.stilotextil.com/blog/wp-content/uploads/2016/05/Como-lavar-la-ropa-delicada.jpg>