



## **Instituto Superior de Computación**

CONTADOR GEIGER

# **T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

PRESENTA:

**ING. GUILLERMO MILIAN RIVERA VALADEZ**

REVISÓ: **ING. RICARDO MANZO SILVAS**

APROBÓ: **MR. MARÍA DE JESÚS ARMAS PATRICIO**

# Resumen

En este presente trabajo de tesis aborda el diseño y modelado de un detector de partículas ionizantes Geiger-Muller (G-M counter) para medir la radiación de múltiples ambientes, objetos, etc. El uso y su implementación en múltiples entornos, nos permitirá la detección de materiales que anormalmente despiden alguna partícula ionizante (radiactiva), cuyo elemento central del procesamiento es un tubo/cilindro con un fino hilo metálico a lo largo de su centro, que mantiene espacio entre ellos, está aislado y relleno de un gas, y con el hilo a unos 1000 voltios con respecto al tubo.

La implementación del detector de partículas ionizantes Geiger-Muller (G-M counter) ha sido pensada para la detección de distintas partículas provenientes de materias radioactivos que existen en la naturaleza, pero que en muchos lugares no se tiene el conocimiento de que estos elementos despiden partículas Alfa, Beta y Gama, y tampoco cuentan con el equipo adecuado para su detección de elementos radioactivos, como parte de la investigación realizada por su servidor con la finalidad de identificar los peligros que compone la radioactividad y sus efectos dañinos y nocivos para la salud y el desarrollo de esta misma.

Por lo tanto, he decidido diseñar y modelar un hardware, que me permita la detección de estas partículas ionizantes (Alfa, Beta y Gama), demostrar y crear conciencia del daño que nos puede causar la radiación y/o radioactividad, en el cuerpo, la materia y el ambiente.

# Abstract

This thesis addresses the design and modeling of a Geiger-Muller ionizing particle detector (G-M counter) to measure radiation from multiple environments, objects, etc. The use and its implementation in multiple environments will allow us to detect materials that abnormally give off some ionizing (radioactive) particle, whose central processing element is a tube/cylinder with a fine metal thread along its center, which maintains space between them, it is insulated and filled with a gas, and with the wire at about 1000 volts with respect to the tube.

The implementation of the Geiger-Muller ionizing particle detector (G-M counter) has been designed for the detection of different particles coming from radioactive materials that exist in nature, but in many places it is not known that these elements emit Alpha particles, Beta and Gamma, and do not have the appropriate equipment for the detection of radioactive elements, as part of the research carried out by your server with the purpose of identifying the dangers that radioactivity makes up and its harmful and harmful effects on health and the environment. development of this.

Therefore, I have decided to design and model hardware that allows me to detect these ionizing particles (Alpha, Beta and Gamma), demonstrate and raise awareness of the damage that radiation and/or radioactivity can cause in the body, matter and environment.

# Agradecimientos

Agradezco a mi directora de carrera, MR. María De Jesús Armas Patricio, por darnos la bienvenida lo que es, será y fue este tramo final de la carrera, al ING. Ricardo Manzo Silvas, por su posterior retroalimentación y brindar su conocimiento para el desarrollo y mejora de este documento que presentó hoy ante ustedes.

Agradezco mis padres y a su gran esfuerzo a lo largo de los años que yo tengo de vida por haber logrado llevar a su primer y único hijo varón hasta donde esta el día de hoy que redacto este documento, a el enorme apoyo y confianza que han puesto en mi a lo largo de este camino, donde he tenido caídas, tropiezos, fallos, altas y bajas y que la vida misma me ha permitido tenerlo a mi lado estos 25 años de vida y que primeramente dios en las alturas, me permita tener a mis padres conmigo y que vean que este no es el limite de donde puedo llegar y que puedo si me lo propongo ir más allá de ello, no soy de demostrar cariño, ni amor, pero quiero que si ellos ven esto sepan que los quiero, los amo y lo amare siempre a pesar de todo.

Agradezco a mis hermanas que con quien ella he compartido mucho y pese a los años, las experiencias y sucesos no he tenido mucho apego con ellas, pero se que también han estado ahí para mi cuando he necesitado y sé que lo estarán por muchos años más, que sepan que las quiero mucho y que, aunque no lo digan, es la verdad.

Agradezco mis abuelos maternos que desde que llegue a sus vidas me han brindado su amor y cariño hasta el día de hoy y que lamentablemente mi abuelito se me ha adelantado en el camino sé que, en vida, siempre me apoyo y me amo hasta el día de su partida, a mi abuelita que pese a la partida de mi abuelito aún sigue aquí presente conmigo que sé que me ama y lo harás hasta donde la vida se lo permita.

Agradezco mis compañeros que he conocido a lo largo de este camino por la etapa universitaria que se han convertido en amigos personales con quienes he compartido muchos momentos, salidas, aventuras, experiencias, altas, bajas y que espero que el

tiempo y las situaciones nos permitan seguir siendo amigos, miento, quiero decir, una segunda familia.

Agradezco mi mejor amiga que también ha estado aquí conmigo desde hace muchos años y con la que he contado en mis momentos de victoria como también en mis momentos de derrota y que me ha brindado, si amistad, tiempo, cariño y a quien considero parte de mi familia.

Agradezco mis maestros de universidad que también me apoyaron en todo momento, con lo que compartí historias, experiencias de vida y con quienes pude apoyarme en múltiples momentos dentro de la carrera profesional.

Agradezco al personal de insuco que también brindaron su apoyo en todo momento de mi carrera profesional.

Agradezco toda aquella persona que me haya apoyado y aun lo siga haciendo hasta el día de hoy.

Agradezco también a la influencia de artistas que tuvieron un gran impacto en mi vida, uno de ellos quienes forman un grupo son Backstreet Boys que es de donde proviene el esta frase “Show 'Em (What You're Made Of)” que quiere decir: “Muéstrales de qué estás hecho”.

Agradezco a GSC Game World que, si no fuera por ellos y la trilogía de STALKER, la influencia de sus juegos formó parte de los pilares de este proyecto.

Y por último a todas aquellas personas que me apoyaron en su momento y que por alguna razón u otra ya no están aquí, se les agradece su apoyo hasta el día de hoy.

# Dedicatoria

Para mí mismo y para toda aquella persona a quien le hayan dicho que no podrá lograrlo, quiero que sepan que, si lo hice, ustedes también y que nunca se hagan menos por nadie solo porque sea mejor en algo, uno también puede lograrlo a su manera yo lo hice y pude demostrar de lo que estoy hecho.

**Show 'Em (What You're Made Of) - Backstreet Boys.**

## Contenido

|   |    |
|---|----|
| Resumen .....   | 2  |
| Abstract .....  | 3  |
| Agradecimientos.....                                    | 4  |
| Dedicatoria .....                                       | 6  |
| Contenido .....   | 7  |
| Capítulo 1 Introducción. ....                           | 9  |
| 1.1 Planteamiento del problema.....                     | 9  |
| 1.2 Justificación .....                                 | 11 |
| 1.3 Objetivos.....                                      | 13 |
| 1.3.1 Objetivos Específicos.....                        | 13 |
| 1.4 Metodología .....                                   | 15 |
| Capítulo 2 Marco Teórico.....                           | 17 |
| 2.1 Introducción, área de desarrollo del proyecto. .... | 17 |
| 2.2 Planteamiento del problema.....                     | 17 |
| 2.3 Justificación. ....                                 | 17 |
| 2.4 Objetivos.....                                      | 17 |
| 2.5 Alcances. ....                                      | 18 |
| 2.6 Limitaciones.....                                   | 18 |
| 2.7 Comprensión y entendimiento.....                    | 18 |
| 2.7.1 ¿Qué es la radiación? .....                       | 18 |
| 2.7.2 ¿Para qué sirve la radiación? .....               | 18 |
| 2.7.3 Tipos de radiación.....                           | 19 |
| 2.7.4 Tipos de radiación ionizante.....                 | 21 |
| 2.7.5 Efectos de la radiación sobre la salud.....       | 23 |

|  |    |
|--|----|
| 2.7.6 Daños por exposición a la radiación.....     | 25 |
| 2.7.7 Cómo protegerse de la radiación.....         | 26 |
| 2.7.8 Como medir el nivel de daños nucleares. .... | 27 |
| 2.7.9 Sucesos nucleares.....                       | 28 |
| Capítulo 3 Modelado Conceptual.....                | 30 |
| Componentes: .....                                 | 30 |
| Arduino. (IMG.14 Arduino).....                     | 30 |
| Contador Geiger. (IMG.15 Contador). ....           | 31 |
| Cable Jumper. (IMG.16 Jumpers). ....               | 31 |
| Protoboard. (IMG.17 Protoboard). ....              | 32 |
| Codificación. ....                                 | 35 |
| Capítulo 4 Conclusiones. ....                      | 38 |
| Trabajos futuros .....                             | 39 |
| Liga o enlace al video del proyecto.....           | 40 |
| Anexos.....  | 41 |



# Capítulo 1 Introducción.

La implementación del detector de partículas ionizantes Geiger-Muller (G-M counter) ha sido pensada para la detección de distintas partículas provenientes de materias radioactivos que existen en la naturaleza, pero que en muchos lugares no se tiene el conocimiento de que estos elementos despiden partículas Alfa, Beta y Gama, y tampoco cuentan con el equipo adecuado para su detección de elementos radioactivos, como parte de la investigación realizada por su servidor con la finalidad de identificar los peligros que compone la radioactividad y sus efectos dañinos y nocivos para la salud y el desarrollo de esta misma.

El desarrollo de este documento radica en los efectos de la radiación y/o radiactividad en la vida. Crear conciencia de que algo tan pequeño como un simple tornillo pueda generar un daño fatal ya que la radiación es algo que no tiene olor, color y no se ve a simple vista, en algunos casos puede tener un sabor a metal, pero son casos contados y transcurridos en distintos eventos. Los daños que nos puede causar en el organismo, en el ambiente, materia, por lo general suelen ser irreversible y que puede durar desde un minuto hasta el deceso de persona, materia ambiente, etc.

## **1.1 Planteamiento del problema**

### **¿Cuáles son los elementos del problema?**

La radiación existe, y contamina todo lo que toca o que este presenta a algún material radioactivo desde un simple tornillo o una pieza del tamaño de una moneda, hasta, bueno, esto es lo que me asusta personalmente, no hay un límite de tamaño de un material radioactivo o contaminado con radiación, y puede estar en cualquier lado de formas y tamaños y eso es lo que la población mexicana no sabe, y menos los riesgos a la salud que presenta la radiación.

### **¿Cuáles son los hechos anteriores que guardan relación con el problema?**

La palabra “problema” se aplica en esta situación en donde México, es uno de los países donde el tema de la energía nuclear es casi desconocido por la población mexicana, OJO

menciono el casi desconocido, ya que en México existe la planta nuclear de Laguna Verde operada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) la cual cuenta con dos unidades en estado activo (Unidad 1 29 de julio de 1990) y la (Unidad 2 10 de abril de 1995).

Si bien desde su inauguración hasta el día de hoy no se ha producido alguna catástrofe que pueda compararse a la de Chernóbil (26/04/1986) o Fukushima (11/03/2011), si ha habido uno que otro incidente de escalas menores, pero no por eso menos peligrosas, existen dos casos similares entre sí, pero hablare en este caso de uno en particular aquí mismo en nuestro país, "Cobalto 60".

El desastre radiactivo de ciudad Juárez en 1977 se debió a un centro médico de especialidades que adquirió una máquina de radioterapia de manera clandestina y a falta de personal 2 hombres fueron ordenados a dismantelar la máquina para su posterior venta, en una de esas abrieron el cilindro donde se encontraba cobalto 60.

### **¿Cuál es la situación actual?**

Si bien hasta el día de hoy no ha ocurrido algún caso de ese nivel, ha habido algunos casos en donde material radioactivo o radiológico ha sido robado de distintas formas en donde una tercera parte de estas no ha podido ser recuperadas y el hacerlas es casi un milagro.

### **¿Cuál es la relevancia del problema?**

La relevancia del problema es que si un día estas caminando por la calle y ves cierta cosa/objeto etc. No sabrás si pueda representar un riesgo para la salud o no y si lo llega a hacer sus resultados serán catastróficamente mortales, no solo para ti, si no para todo y todos los que estén en tu alrededor.

### **¿Qué pasa?**

Existen riesgos de contaminación por fuga de fuentes radiológicas y/o materiales radiactivos.

### **¿Por qué estará pasando?**

Porque en México existe mucho desconocimiento o ignorancias sobre los riesgos y peligros de la radiación

## **¿Cuál es el diagnóstico?**

Desde 1977 hasta la fecha han existido sucesos y eventos en donde el riesgo radiológico o radioactivo pone en alerta al país y no solo hasta ahí, sino que ha escalado a nivel mundial

## **¿Qué puede pasar si todo continúa así?**

Daños a la infraestructura, muertes y un posible mundo en donde la vida no exista si no hacemos algo.

## **¿Qué se puede hacer para evitar que pase?**

Tomar conciencia sobre los riesgos de la radioactividad, la energía nuclear, sus pros y sus contras, los aciertos y los desastres que ha ocasionado a lo largo de los años.

### **1.2 Justificación**

#### **Define el ¿Por qué?**

En la justificación de cuál fue el porqué del motivo de la investigación fue a raíz de una serie de videojuegos que fueron desarrollados por el estudio ucraniano GSC Game-World llamados S.T.A.L.K.E.R, donde se habla narrativamente de un supuesto segundo desastre nuclear en la central nuclear de Chernóbil, el cual despertó mi interés sobre lo que realmente pasó en el desastre de este mismo la energía nuclear, tanto sus pros, contras y derivados, uno de sus derivados radica en el uso de fuentes radiológicas para el combate de ciertas enfermedades, como los distintos tipos de cánceres, el uso de rayos x para ver dentro del cuerpo, etc. A raíz de mis investigaciones me he dado cuenta o he podido conocer que en México y en el mundo han sucedido desastres radiológicos, como el caso de Goiânia, Brasil (Caso Cesio 137) y México, Ciudad Juárez (Caso Cobalto 60) en donde la ignorancia, la falta de conocimiento y muchos factores más, pusieron la vida de mucha gente en riesgo, incluso generando pérdidas humanas.

Este es por qué se decidió que este será el proyecto de tesis.

## **Define el ¿Para qué?**

Para el desarrollo de un artefacto que permita identificar los materiales radiológicos, campos radioactivos etc. Y poder evitar un desastre mayor que pueda generar un desenlace fatal.

Funciones que cumple la justificación del problema:

a) Describe cuáles son los motivos para hacer el estudio **propuesto 1.- ¿Por qué se hace? 2.- ¿Por qué este tema y no otro...?**

Pregunta 1: porque he visto los horrores, los peligros y los daños y lo que puede hacer la radiación, no en carne propia, pero si por medio de imágenes, videos, documentales etc.

Pregunta 2: porque me gusto el tema.

b) Justifica los beneficios sociales y/o institucionales. **1.- ¿Para qué se hace? 2.- ¿Para qué será útil su aplicación...?**

Pregunta 1: para generar conciencia de que algo que no se ve, no tiene olor, no tiene sabor, en algunos casos, puede ser mortal.

Pregunta 2: evitar muertes, y tragedias que impidan el desarrollo natural del ecosistema, el ambiente y la vida misma.

c) Demuestra la factibilidad de llevar a cabo la investigación **¿Cómo deberá aplicarse...?**

Esto es algo que me puso el hocico amargo, cuando escuche el caso de Goiânia (Cesio 137) una de las víctimas fatales era de una niña pequeña y el imaginar que desde un hombre grande adulto hasta una niña pequeña o algo más pequeño que eso, puede sucumbir ante los daños que radica el estar expuesto a la radiación, por eso estoy desarrollando un artefacto que me permita medir e identificar los niveles alfa, beta y gamma que produce la radiación y evitar que se produzca un desastre por culpa de la ignorancia de no saber que es la radiación y lo radiológico, como sus riesgos a la salud, sus pros (porque los hay) y sus contras.

### 1.3 Objetivos

Aquí se definen los objetivos a los que se quiere llegar, por qué se hace, y con que es con lo que se está trabajando y los medios que se están utilizando para llevar a cabo este proyecto.

#### 1.3.1 Objetivos Específicos.

Aprovechar el uso de la herramienta que me permita medir los niveles de partículas ionizantes (radioactivas), para su venta en lugares específicos como chatarrerías, basureros, constructoras, talleres de fundición, para evitar algún desastre radiológico como el de Goiânia y Ciudad Juárez. También he considerado el uso de este mismo para detectar fuentes radiológicas, anterior a este año se han extraído y/o robado varias fuentes radiológicas que representan en manos no capaces, un potencial riesgo.

Aquí es donde entra la idea de esta herramienta, el cual es desarrollada con distintos componentes, principalmente se trabaja con Arduino, tanto en programación como en componentes electrónicos reprogramables o configurables, y con tubos (Geiger-Muller) que son capaces de recibir partículas que, al golpear este tubo, puede emitir el sonido y distintas señales que nos alertaran de que el ambiente, material, organismo, etc. Se encuentra irradiado o es un peligroso emisor de partículas radiológicas o radioactivas.



(IMG.0 Ecologista frente a fuente radiológica).

Se hace especial énfasis para hacer mención a los casos de los que se habla en este documento



(IMG.1 Cesio 137).

Lourdes das Neves Ferreira (sobreviviente del caso Cesio 137 en Goiânia, Brasil) sosteniendo una revista en donde se aprecia la foto de su pequeña hija (Leide das Neves) quien falleció víctima de la radiación con apenas 6 años de edad.



(IMG.2 Datsun 620).

Fotografía de una grúa moviendo una camioneta (Datsun 620) que fue utilizada para mover el contenedor de plomo donde estaba lleno de gránulos de Cobalto 60 que se encontraba desmantelado junto a varios metales. La camioneta emitía una cantidad considerable de radiación llegando estar a la altura del reactor de Chernóbil.

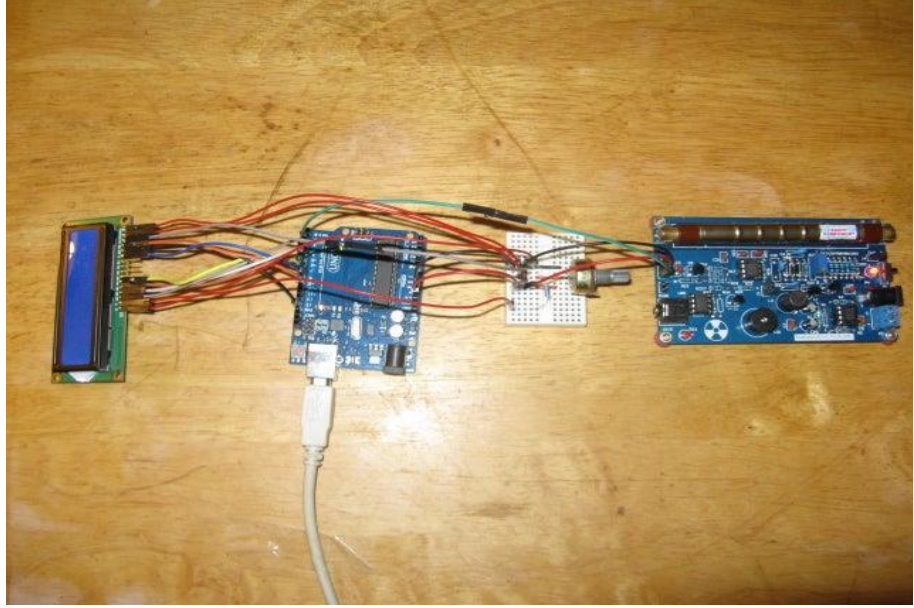
#### **1.4 Metodología**

En la metodología de la investigación la sistematización radica en la metodología cualitativa ya que la calidad del dispositivo y/o aparato nos permitirá la realización de detecciones de partículas radiológicas.

En el desarrollo de este documento se hicieron varias investigaciones para el estructurado del proyecto, sobre que componentes son los adecuado para trabajar, modelar y desarrollar el dispositivo, herramienta, medidor, etc.

Para poder cumplir con el objetivo planteado que es crear un dispositivo capaz de medir partículas ionizantes, los siguientes objetivos secundarios son necesarios:

1. Modelado del dispositivo.
2. Componentes electrónicos.
3. Programa para el desarrollo del script o código.
4. Librerías de código.
5. Conocimiento de codificación.
6. Idealización del proyecto.
7. Pruebas de campo.
8. Material ionizado (no disponible por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias).
9. Previsualización del objetivo: (IMG.3 Proyecto).





# Capítulo 2 Marco Teórico.

En este presente capítulo se presentarán los fundamentos necesarios que fueron requeridos para la elaboración o desarrollo de este trabajo de tesis y junto a su proyecto.

## **2.1 Introducción, área de desarrollo del proyecto.**

El área del proyecto está destinada para el hogar, campo, empresas, naves industriales y muchas más áreas para cuidar la seguridad de los que habitan, residen, laboran, este proyecto, tiene enfoque en la seguridad.

El proyecto está destinado para el uso continuo en las áreas donde se requiere el uso de un detector.

## **2.2 Planteamiento del problema.**

Que muchos lugares donde se trabajan metales como: compra-ventas, chatarrerías, plantas de fundición, construcciones y lugares como: residencias, escuelas, etc. No cuentan con detectores de radiación para identificar si el personal o las personas se encuentran en el área, corran el riesgo de ser víctimas del envenenamiento por radiación al estar en presencia de materiales radioactivos.

## **2.3 Justificación.**

Proteger nuestra salud y la de quienes nos rodean. Es una de las principales ventajas de es que es fácil de conseguir por su bajo coste, y su fácil uso y su posterior funcionalidad nos permite la detección de material radioactivo a una distancia de 5 metros.

## **2.4 Objetivos.**

El objetivo de este proyecto es implementar el uso obligatorio de detectores para la detección de material peligroso o radioactivo y salvar la vida de las personas.

## **2.5 Alcances.**

Fácil adquisición y uso simple, sencillo y funcional para cualquier usuario.

## **2.6 Limitaciones.**

Dentro de las limitantes se encuentra que el proyecto no cubre un área amplia solo cubre un rango determinado de detección, es posible que no pueda detectar algunos materiales debido a que cuenta solamente con un tubo Geiger-Muller, el cual puede añadirse más para una detección más rápida y precisa.

## **2.7 Comprensión y entendimiento.**

Para poder dejar en claro y que se pueda entender los riesgos, efectos, causas y demás, se explicara los siguientes puntos.

### **2.7.1 ¿Qué es la radiación?**

La radiación es energía que se desplaza de una forma que se puede describir como ondas o un conjunto de partículas.

### **2.7.2 ¿Para qué sirve la radiación?**

- Salud: algunos procedimientos médicos diversos como: tratamientos contra el cáncer y algunos métodos de diagnóstico por la imagen.
- Energía: la radiación nos permite producir electricidad, mediante la energía solar y la energía nuclear.
- Medio ambiente y cambio climático: la radiación puede emplearse para depurar aguas residuales o para crear nuevas variedades de plantas resistentes al cambio climático.
- Ciencia e industria: mediante técnicas nucleares que se basan en la radiación, fabricar materiales con características superiores, la industria automotriz.

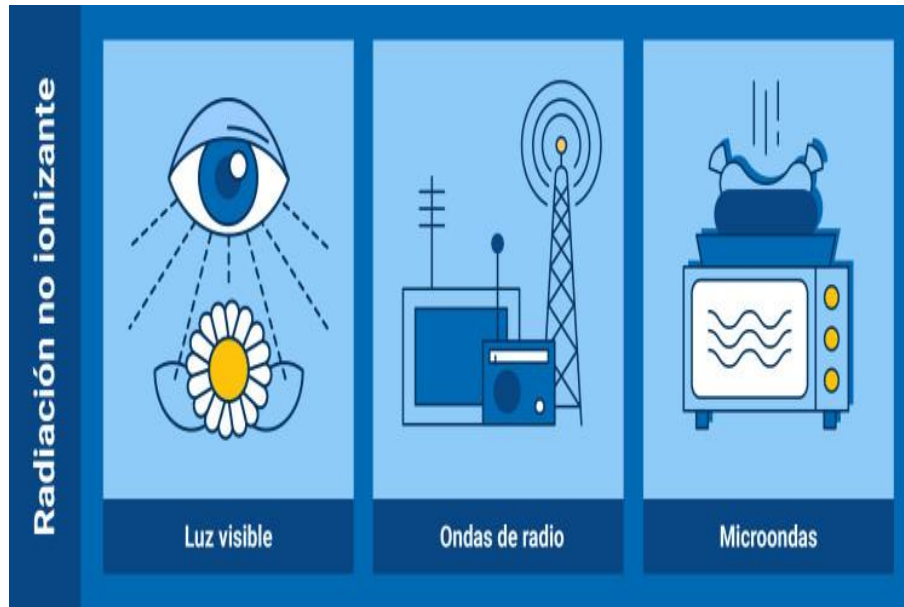


(IMG.4 Aplicaciones de la radiación).

### 2.7.3 Tipos de radiación.

**Radiación no ionizante:** es un tipo de radiación de menor intensidad, cuya energía no es suficiente para arrancar electrones de los átomos o moléculas que componen la materia o los seres vivos.

La radiación no ionizante no presenta riesgos para la salud de la mayoría de la población. Sin embargo, los trabajadores que se exponen habitualmente a algunas fuentes de radiación no ionizante pueden necesitar medidas especiales para protegerse, por ejemplo, del calor.

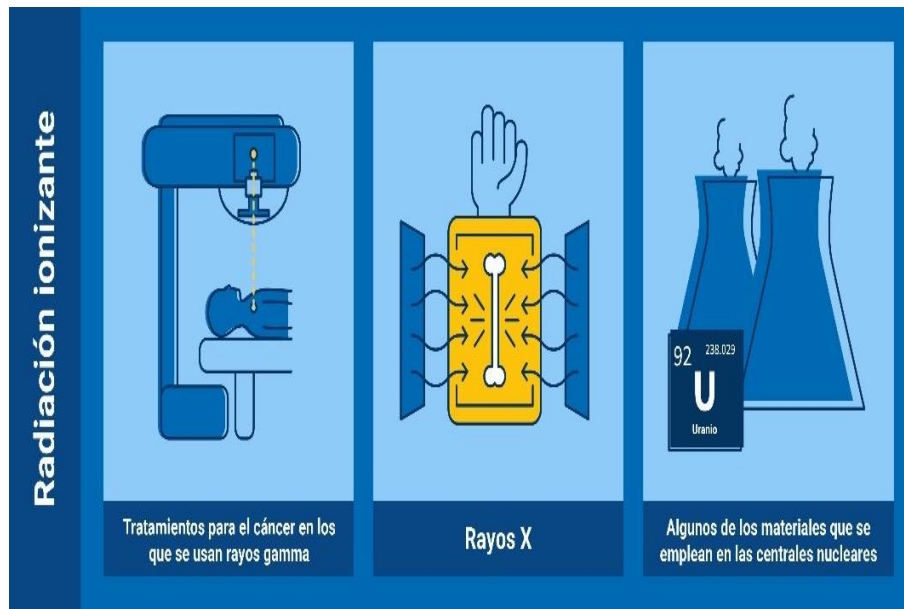


(IMG.5 Radiación No Ionizante).

**Radiación ionizante:** es un tipo de radiación con una energía capaz de arrancar electrones de los átomos o moléculas, cuya energía es suficiente alta y que cuando interactúa con la materia o los seres vivos se producen cambios a nivel atómico.

A dosis elevadas, la radiación ionizante puede dañar las células o los órganos de nuestros cuerpos o, incluso, ser letal.

Si se la emplea correctamente a dosis adecuadas y con las debidas medidas de protección, este tipo de radiación tiene muchos usos positivos, para la producción de energía, el sector industrial, la investigación y el diagnóstico y tratamiento de varias enfermedades, como el cáncer.



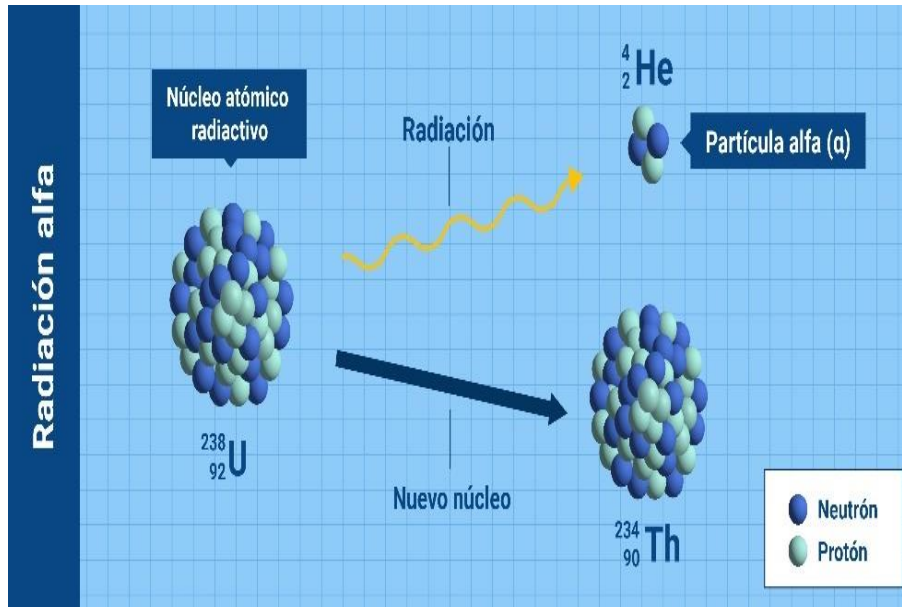
(IMG.6 Radiación Ionizante).

#### 2.7.4 Tipos de radiación ionizante.

La radiación es energía. Proviene de átomos inestables sometidos a la desintegración radiactiva o puede ser producida por máquinas. La radiación se desplaza desde su fuente en forma de ondas de energía o partículas energizadas.

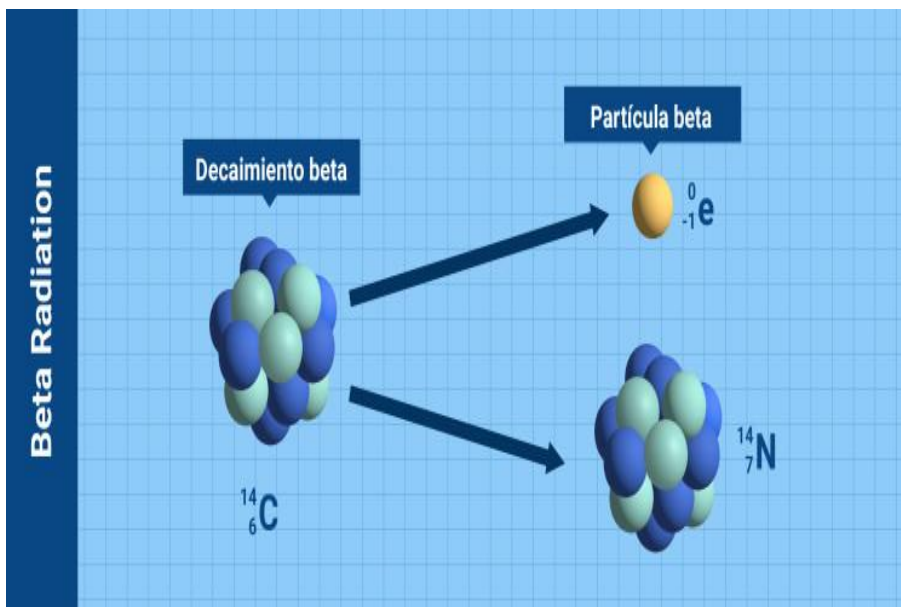
La radiación ionizante o partículas energizadas se desplazan en 3 tipos: Alfa, Beta y Gamma.

- **Partículas o radiación alfa:** En la radiación alfa, los núcleos liberan partículas pesadas con carga positiva para hacerse más estables. Estas partículas no pueden penetrar nuestra piel y causar daño. Muchas veces basta con utilizar una simple hoja de papel para detener su paso.



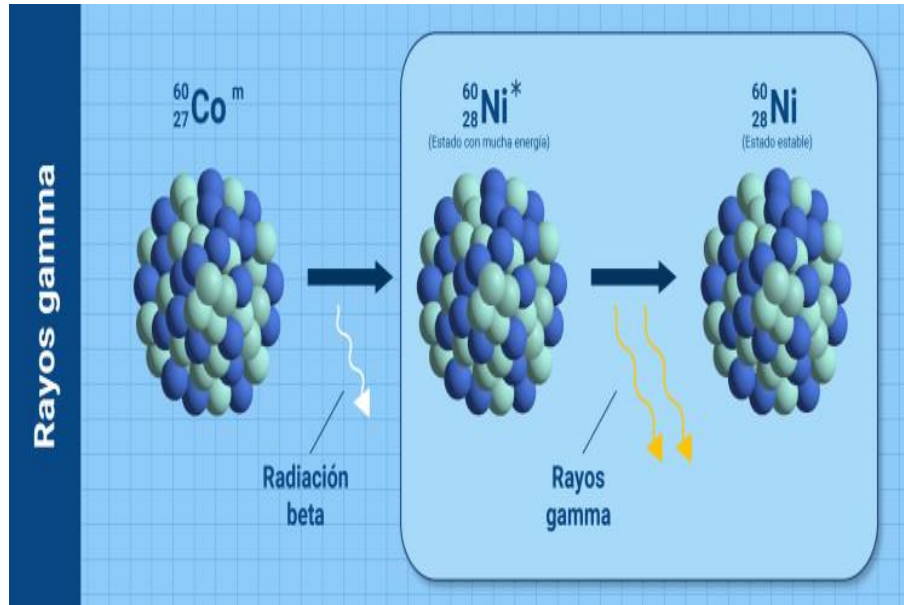
(IMG.7 Radiación Alfa).

- **Partículas o radiación beta:** En el caso de la radiación beta, los núcleos liberan partículas más pequeñas (electrones), más penetrantes que las partículas alfa y que pueden atravesar, entre otras cosas, 1 o 2 centímetros de agua, en función de su energía. Por lo general, podríamos detener el paso de la radiación beta con una lámina de aluminio de unos cuantos milímetros de espesor.



(IMG.8 Radiación Beta).

- **Partículas o radiación Gamma:** Los rayos gamma, que tienen varias aplicaciones, como el tratamiento del cáncer, son un tipo de radiación electromagnética, similar a los rayos X. Algunos tipos de rayos gamma atraviesan el cuerpo humano sin causar daño, pero, en otras ocasiones estos rayos son absorbidos por el organismo y pueden ser perjudiciales.



(IMG.9 Radiación Gamma).

### 2.7.5 Efectos de la radiación sobre la salud.

#### Efectos de la radiación sobre la salud.

La radiación ionizante tiene suficiente energía para afectar los átomos de las células vivas y, por consiguiente, dañar su material genético (ADN).

Afortunadamente, las células de nuestro cuerpo son extremadamente eficientes para reparar dicho daño.

No obstante, si el daño no se repara correctamente, una célula puede morir o volverse cancerosa.

La exposición a niveles muy altos de radiación, por ejemplo, por estar cerca de una explosión atómica, puede causar efectos agudos sobre la salud, entre ellos, quemaduras de piel y síndrome de radiación aguda ("radiotoxemia" o "enfermedad por radiación").

También puede provocar efectos a largo plazo en la salud, como cáncer y enfermedades cardiovasculares. Si bien la exposición a los bajos niveles de radiación presentes en el medioambiente no causa efectos inmediatos en la salud, es un factor secundario de riesgo general de cáncer.

### **Síndrome de radiación aguda por altas exposiciones.**

Un nivel muy alto de exposición a la radiación en un período breve puede causar síntomas como náuseas y vómitos en el término de horas y, ocasionalmente, incluso la muerte en los días o semanas posteriores.

Se requiere una exposición muy alta para causar síndrome de radiación aguda —más de 75 radianes (0.75 grays)— en un lapso breve (minutos u horas).

Dicho nivel equivaldría a recibir una radiación de 18,000 radiografías de tórax distribuidas en todo el cuerpo durante este breve período. El síndrome de radiación aguda es poco frecuente, y se produce por acontecimientos extremos como una explosión nuclear o bien por contacto o ruptura accidentales de una fuente altamente radiactiva.

### **Exposición a la radiación y riesgo de cáncer.**

La exposición a bajos niveles de radiación no causa efectos inmediatos en la salud, pero puede aumentar el riesgo de cáncer a lo largo de la vida.

Los mismos demuestran que la exposición a la radiación aumenta la posibilidad de contraer cáncer, y el riesgo aumenta directamente con la dosis: a mayor dosis, mayor riesgo.

Por el contrario, el riesgo de cáncer se reduce al disminuir la dosis: a menor dosis, menor riesgo. Según los expertos en seguridad contra la radiación, la exposición a radiaciones de 5 – 10 rem (5,000 – 10,000 milirrem o 50 – 100 milisieverts) normalmente no produce efectos perjudiciales para la salud, porque la radiación inferior a estos niveles es un factor secundario para el riesgo general de cáncer.

### **Vías de exposición.**



El riesgo de la exposición a un radionúclido determinado depende de:

- La energía de la radiación que emite
- El tipo de radiación (alfa, beta, gamma, rayos X)
- Su actividad (la frecuencia con la que emite la radiación)
- La velocidad a la que el cuerpo metaboliza y elimina los radionúclidos tras la ingestión o inhalación
- El lugar del cuerpo donde se concentra el radionúclido y por cuánto tiempo permanece allí.

#### **2.7.6 Daños por exposición a la radiación.**

Mencionado el punto anterior la exposición a niveles muy altos de radiación, son cosas bastante graves con resultados letales y fatales. En este punto mencionare algunos, conocidos y poco conocidos:

- Explosión Reactor 4 Chernóbil, 26 de abril de 1986 – varios grupos de bomberos que acudieron poco después de la explosión del reactor 4 de la central nuclear de Chernóbil, sufrieron quemaduras de segundo y tercer grado, hemorragias internas, cáncer de tiroides, y envenenamiento agudo por radiación que concluyo con un desenlace fatal. Causas: los bomberos no contaban con la protección adecuada para combatir la radiación.
- Ciudad de Prypiat, 26 de abril de 1986 en adelante – los ciudadanos de las ciudades aledañas de la planta nuclear resultaron con afectaciones a la salud, un alto índice de cáncer de tiroides, las mujeres embarazadas perdieron a los bebés en gestación y en otros casos nacimientos de bebés con malformaciones genéticas a causa de la radiación.
- Incidente SL1, enero 1961 - el reactor nuclear SL-1 explotó cerca Idaho Falls, Idaho, matando a tres Técnicos de ingeniería de turno. Las víctimas fueron los especialistas del ejército John Byrnes, Richard McKinley y el jefe electricista de la marina Mate Richard Legg. Se dice que Richard McKinley recibió una cantidad brutal de radiación, que puso en riesgo a las personas a su alrededor.

- Hisashi Ouchi, Tokaimura, 30 de septiembre 1999 un operario de la planta nuclear japonesa de Tokaimura, que tuvo la mala suerte de estar presente en un incidente en donde fue el ser humano que mayor carga radioactiva absorbió en la historia y sufrió por ello una terrorífica agonía de 83 días antes de fallecer, el cual el gobierno ordeno mantenerlo vivo para realizarle diferentes estudios (no comprobado, pero se rumorea).

### **2.7.7 Cómo protegerse de la radiación.**

La radiación es parte de nuestra vida. La radiación de fondo, proveniente principalmente de los minerales naturales, está a nuestro alrededor en todo momento.

Afortunadamente, son muy pocas las situaciones en las que una persona común está expuesta a fuentes descontroladas de radiación por encima del nivel de fondo.

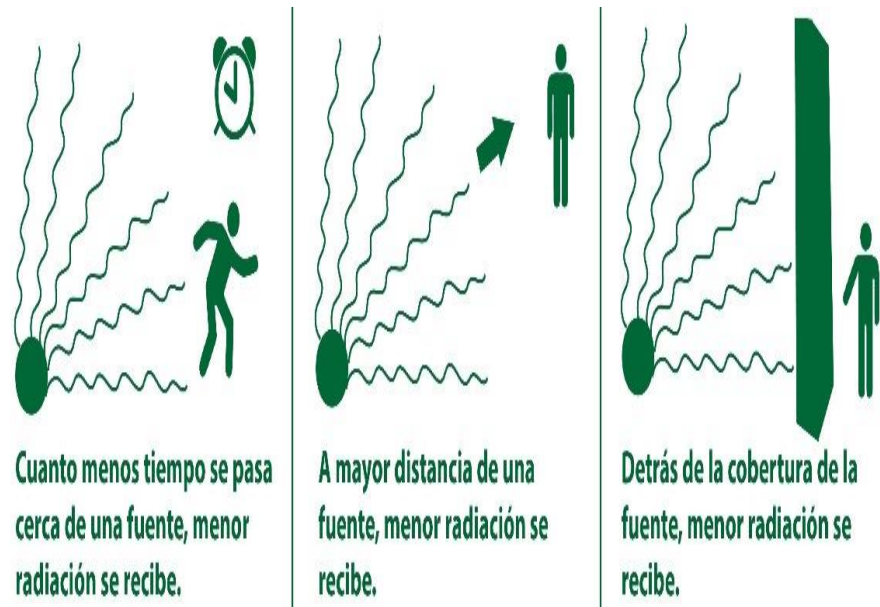
No obstante, es prudente estar preparado y saber qué hacer en caso de que surja una situación de este tipo.

Una de las mejores formas de prepararse es entender los principios de tiempo, distancia y cobertura para protegerse de la radiación.

#### **Tiempo, distancia y cobertura:**

- Tiempo: para las personas que están expuestas a radiación, además de la radiación de fondo natural, limitar o reducir al mínimo el tiempo de exposición disminuye la dosis que reciben de la fuente de radiación.
- Distancia: del mismo modo que el calor del fuego pierde intensidad cuando nos alejamos, la dosis de radiación disminuye drásticamente si se aumenta la distancia respecto de la fuente.
- Cobertura: barreras de plomo, hormigón o agua protegen contra la penetración de los rayos gamma y los rayos X. Este es el motivo por el cual algunos materiales radiactivos se almacenan bajo el agua o en habitaciones revestidas de hormigón o de plomo, y el motivo por el cual los dentistas

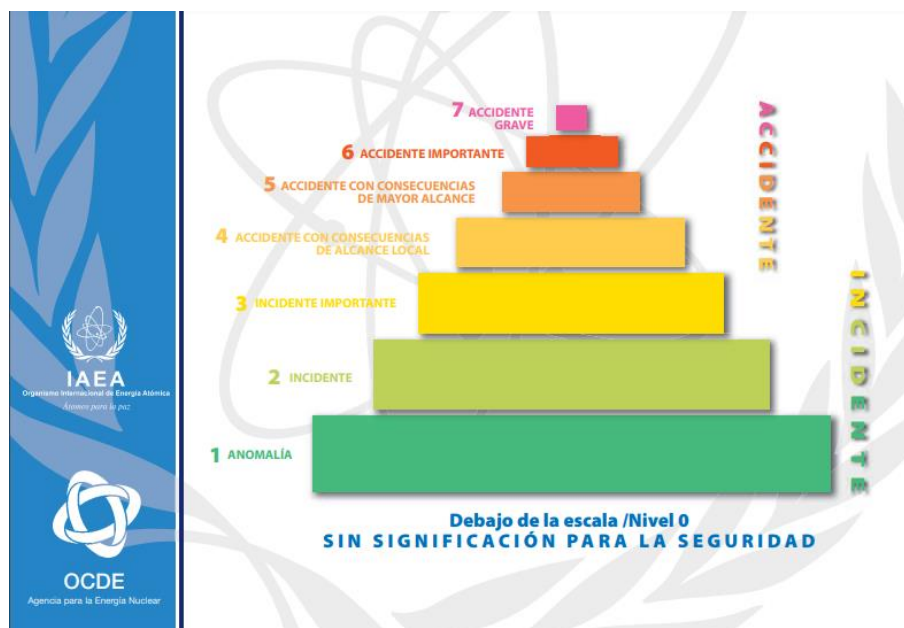
colocan una manta de plomo sobre los pacientes a los que les toman radiografías de la dentadura. (IMG.10 Protección).



### 2.7.8 Como medir el nivel de daños nucleares.

La escala INES es un instrumento que se utiliza en todo el mundo para comunicar al público información sistemática acerca de la importancia de los sucesos nucleares y radiológicos desde el punto de vista de la seguridad.

#### ESCALA INTERNACIONAL DE SUCESOS NUCLEARES Y RADIOLÓGICOS.



(IMG.11 Escala Nuclear).

## 2.7.9 Sucesos nucleares.

- Ejemplos de sucesos en instalaciones nucleares.
- Sucesos relacionados con fuentes de radiación y su transporte.
- Descripción general de los niveles de la INES.

| EJEMPLOS DE SUCESOS EN INSTALACIONES NUCLEARES |   |   |  |
|--|---|---|--|
|  | Personas y medio ambiente   | Barreras y controles radiológicos   | Defensa en profundidad   |
| 7  | <i>Chernóbil, 1986</i> – Efectos generalizados en la salud y el medio ambiente. Liberación externa de una fracción considerable del inventario del núcleo del reactor.      |   |  |
| 6  | <i>Kyshtym (Rusia) 1957</i> – Liberación considerable de materiales radiactivos en el medio ambiente provocada por la explosión de un tanque de desechos de actividad alta. |   |  |
| 5  | <i>Windscale Pile (Reino Unido) 1957</i> – Liberación de materiales radiactivos al medio ambiente a raíz de un incendio en un núcleo de reactor.                            | <i>Three Mile Island (EE.UU.) 1979</i> – Daño grave en el núcleo del reactor.   |  |
| 4  | <i>Tokaimura (Japón) 1999</i> – Sobreexposición letal de trabajadores como consecuencia de un suceso de criticidad en una instalación nuclear.                              | <i>Saint Laurent des Eaux (Francia) 1980</i> – Fusión de un canal de combustible en el reactor, sin liberación fuera del emplazamiento. |  |
| 3  | <i>No se conocen ejemplos</i>   | <i>Sellafield (Reino Unido) 2005</i> – Liberación de grandes cantidades de materiales radiactivos contenida dentro de la instalación.   | <i>Vandellós (España) 1989</i> – Cuasi accidente provocado por un incendio que destruyó los sistemas de seguridad en la central nucleoelectrónica.   |
| 2  | <i>Atucha (Argentina) 2005</i> – Sobreexposición de un trabajador en un reactor de potencia, por encima del límite anual.   | <i>Cadarache (Francia) 1993</i> – Dispersión de la contaminación en una zona no prevista en el diseño.                                  | <i>Forsmark (Suecia) 2006</i> – Deterioro de las funciones de seguridad por fallo debido a causa común en el sistema de suministro eléctrico de emergencia en una central nucleoelectrónica. |
| 1  |   |   | Violación de los límites operacionales en una instalación nuclear.   |

(IMG.12 sucesos en instalaciones nucleares).

| EJEMPLOS DE SUCESOS RELACIONADOS CON FUENTES DE RADIACIÓN Y SU TRANSPORTE |   |   |
|---|---|---|
|   | Personas y medio ambiente   | Defensa en profundidad  |
| 7   |   |   |
| 6   |   |   |
| 5   | <i>Goiânia (Brasil) 1987</i> – Cuatro personas murieron y seis recibieron dosis de unos pocos Gy emitidas por una fuente de Cs-137 abandonada y rota de radiactividad alta.         |   |
| 4   | <i>Fleurus (Bélgica) 2006</i> – Graves efectos en la salud de un trabajador en una instalación comercial de irradiación como resultado de la exposición a dosis altas de radiación. |   |
| 3   | <i>Yanango (Perú) 1999</i> – Incidente con una fuente de radiografía que provocó graves quemaduras por radiación.   | <i>İkitelli (Turquía) 1999</i> – Pérdida de una fuente de Co-60 de radiación alta.                |
| 2   | <i>Estados Unidos, 2005</i> – Sobreexposición de un radiógrafo al superar el límite anual establecido para los trabajadores expuestos a radiación.                                  | <i>Francia, 1995</i> – Fallo en los sistemas de control de acceso a la instalación de acelerador. |
| 1   |   | Robo de un calibrador de humedad/densidad.  |

(IMG.13 fuentes de radiación y su transporte).

| Nivel de la INES  | Personas y medio ambiente  | Barreras y controles radiológicos  | Defensa en profundidad   |
|---|--|--|--|
| Accidente grave<br>Nivel 7  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liberación grave de materiales radiactivos con amplos efectos en la salud y el medio ambiente, que requiere la aplicación y prolongación de las contramedidas previstas.</li> </ul>   |  |  |
| Accidente importante<br>Nivel 6                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liberación importante de materiales radiactivos, que probablemente requiere la aplicación de las contramedidas previstas.</li> </ul>  |  |  |
| Accidente con consecuencias de mayor alcance<br>Nivel 5           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liberación limitada de materiales radiactivos, que probablemente requiere la aplicación de algunas de las contramedidas previstas.</li> <li>• Varias defunciones por radiación.</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños graves en el núcleo del reactor.</li> <li>• Liberación de grandes cantidades de materiales radiactivos dentro de una instalación, con alta probabilidad de exposición del público; provocada posiblemente por un incendio o un accidente de criticidad grave.</li> </ul>                    |  |
| Accidente con consecuencias de alcance local<br>Nivel 4           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liberación menor de materiales radiactivos, con escasa probabilidad de tener que aplicar las contramedidas previstas, salvo los controles locales de alimentos.</li> <li>• Al menos una defunción por radiación.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fusión de combustible o daño al combustible, que provoca una liberación superior al 0,1% del inventario del núcleo.</li> <li>• Liberación de cantidades considerables de materiales radiactivos dentro de una instalación, con alta probabilidad de importante exposición del público.</li> </ul> |  |
| Incidente importante<br>Nivel 3                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición diez veces superior al límite anual establecido para la exposición de los trabajadores.</li> <li>• Efecto no letal de la radiación en la salud (p. ej., quemaduras).</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasas de exposición superiores a 1 Sv/h en una zona de operación.</li> <li>• Contaminación grave en una zona no prevista en el diseño, con escasa probabilidad de exposición importante del público.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuasi accidente en una central nucleoelectrica sin disposiciones de seguridad pendientes de aplicación.</li> <li>• Pérdida o robo de fuentes selladas de radiactividad alta.</li> <li>• Entrega equivocada de fuentes selladas de radiactividad alta, sin que existan procedimientos adecuados para manipularlas.</li> </ul>  |
| Incidente<br>Nivel 2  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición de una persona del público por encima de 10 mSv.</li> <li>• Exposición de un trabajador por encima de los límites anuales reglamentarios.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveles de radiación superiores a 50 mSv/h en una zona de operación.</li> <li>• Contaminación importante dentro de una instalación en una zona no prevista en el diseño.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallos importantes en las disposiciones de seguridad, aunque sin consecuencias reales.</li> <li>• Hallazgo de una fuente sellada huérfana, de un dispositivo o de un embalaje para el transporte de radiactividad alta, con indicación de las disposiciones de seguridad, sin que haya habido menoscabo.</li> <li>• Embalaje inadecuado de una fuente sellada de radiactividad alta.</li> </ul> |
| Anomalia<br>Nivel 1   |  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobreexposición de una persona del público por encima de los límites anuales reglamentarios.</li> <li>• Problemas menores en componentes de seguridad, con importantes medidas de defensa en profundidad pendientes de aplicación.</li> <li>• Pérdida o robo de fuentes radiactivas, de dispositivos o de embalaje para el transporte de actividad baja.</li> </ul>                             |
| SIN SIGNIFICACIÓN PARA LA SEGURIDAD (Debajo de la escala/Nivel 0) |  |  |  |

(IMG.13 Los niveles de la INES).

# Capítulo 3 Modelado Conceptual.

En esta etapa, entramos en el “Modelado Conceptual” en el cual se describen uno y cada uno de los componentes utilizados en este proyecto y donde mostrara el avance, la estructura y evolución del proyecto.

## Componentes:



**Arduino.** (IMG.14 Arduino).

Arduino diseña, fabrica y brinda soporte a dispositivos electrónicos y software, lo que permite que personas de todo el mundo accedan fácilmente a tecnologías avanzadas que interactúan con el mundo físico





**Contador Geiger.** (IMG.15 Contador).

El contador Geiger puede medir y analizar la radiación alfa, beta y gamma. Algunos dispositivos sólo miden la radiación gamma. En este caso trabajamos con Arduino el cual cuenta con características para la detección de radiación.



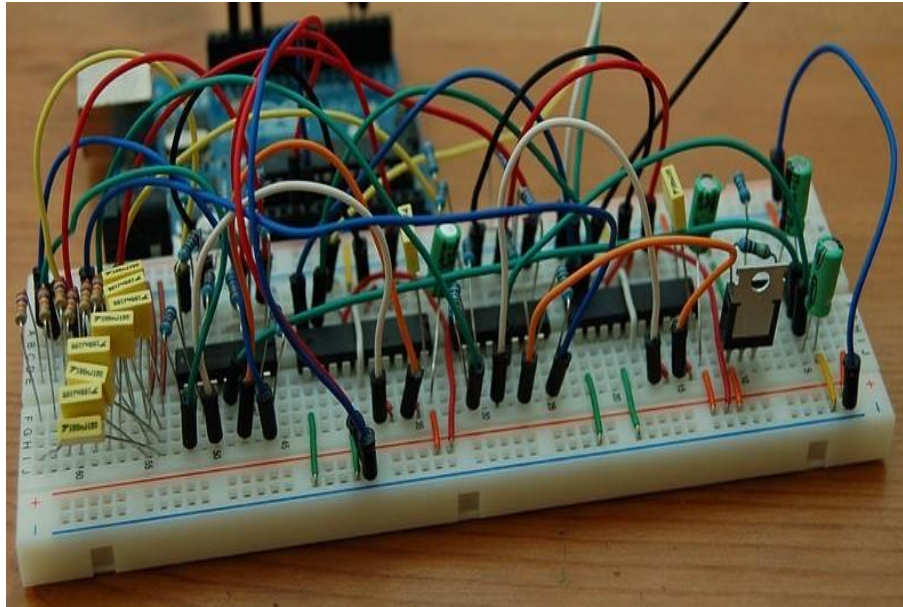
**Cable Jumper.** (IMG.16 Jumpers).

Cables para conexión de Arduino a distintos componentes a veces a breadbar o protoboards.

Macho – Macho (M-M).

Macho – Hembra (M-F).

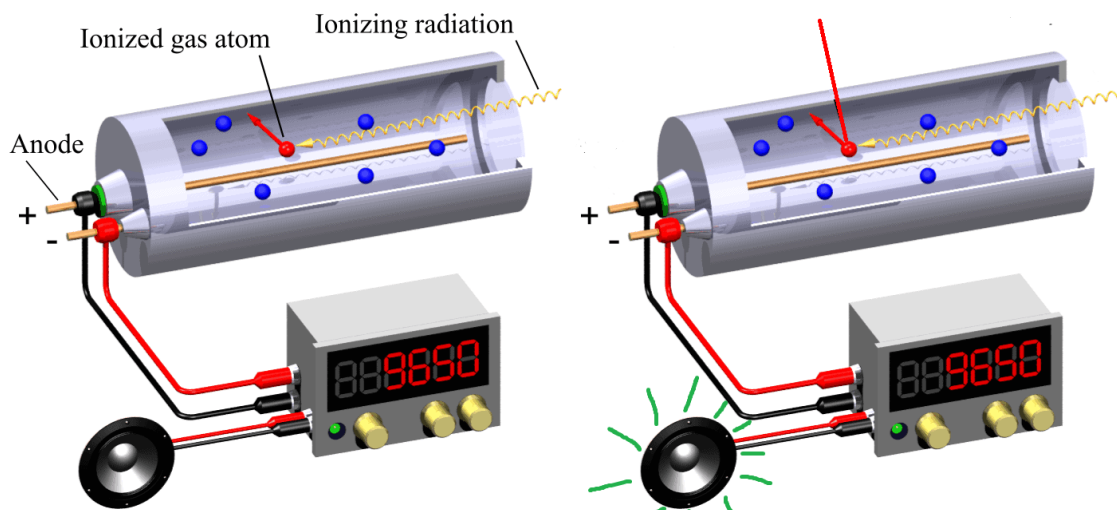
Hembra – Hembra (F-F).



**Protoboard.** (IMG.17 Protoboard).

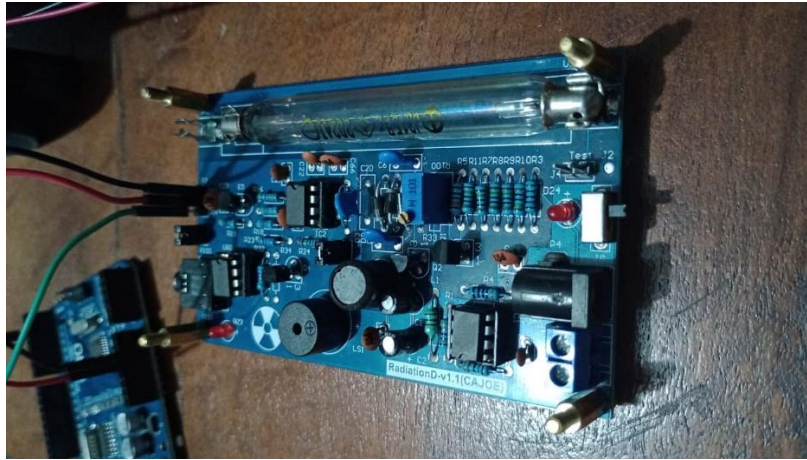
La Protoboard, llamada en inglés breadboard, es una placa de pruebas en los que se pueden insertar elementos electrónicos y cables con los que se arman circuitos sin la necesidad de soldar ninguno de los componentes.

Imagen visual del funcionamiento básico el proyecto

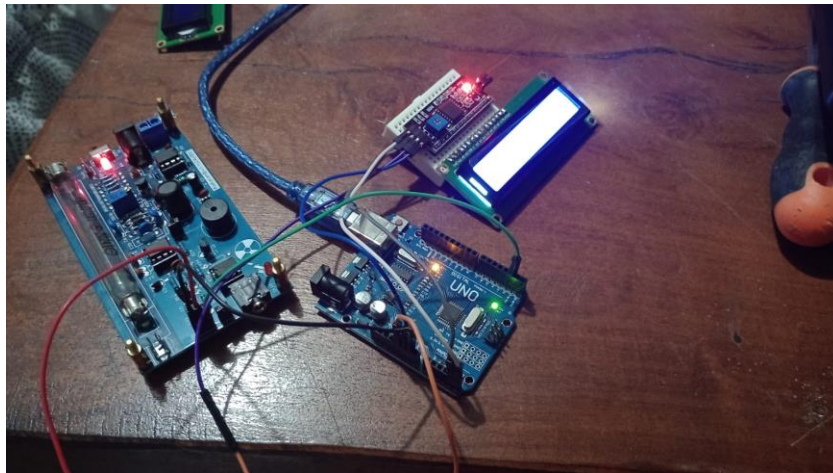




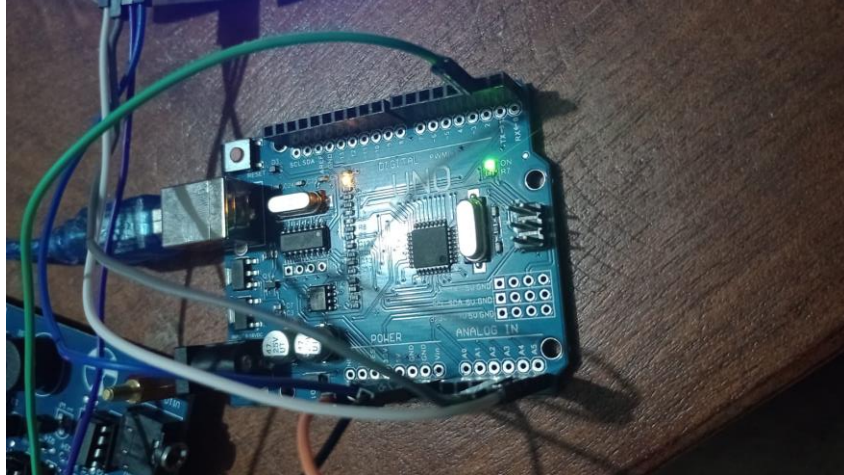
(IMG.18 Tubo Geiger).



(IMG.19 Detector Geiger).



(IMG.20 Detector Geiger Versión 2).



(IMG.21 Arduino).



(IMG.22 Pantalla LCD y modulo IC2).

### **Codificación.**

```
// Este espacio está definido para los numero de pulsos por minuto.

// Pin GND del Contador conectado al pin GND de Arduino.

// Pin 5V del Contador conectado al pin 5V de Arduino.

// Pin VIN del Contador conectado al pin D2 de Arduino.

unsigned long counts; //variable de eventos del tubo Geiger-Muller

unsigned long previousMillis; //variable for measuring time

void impulse() { // dipanggil setiap ada sinyal FALLING di pin 2

counts++;

}

#define LOG_PERIOD 60000 // Tiempo de deteccion (definido a 1 minuto)

// Librerias definidas

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <Wire.h>

#include <SPI.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3f,16,2);

void setup() { //setup

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print(" Bienvenidos al ");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(" Contador Geiger ");

delay(2000);

clear();
```

```
counts = 0;

Serial.begin(9600);

pinMode(2, INPUT);

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), impulse, FALLING); //definido a interrupciones
externas

Serial.println("Start counter");

}

void loop() { //ciclo principal o bucle principal

  lcd.init();

  lcd.backlight();

  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);

  lcd.println("Cantidad por mins.");

  lcd.setCursor(0,1);

  lcd.println("CMP: ");

  delay(3000);

  unsigned long currentMillis = millis();

  if (currentMillis - previousMillis > LOG_PERIOD) {

    previousMillis = currentMillis;

    lcd.println(counts);

    counts = 0;

  }

}
```

```
void clear() {  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.setCursor(0,0);  
}
```

# Capítulo 4 Conclusiones.

En conclusión, la energía nuclear es algo a lo que hay que tener cuidado si se va a trabajar con ella sea en cualquiera de sus ramas, medicas, industriales, nucleares etc. No debemos olvidar que todo lo bueno también tiene su lado malo. Usamos la radiación para combatir el cáncer, pero también se ha utilizado para la guerra con bombas atómicas, se ha hecho un gran trabajo y avances en la ciencia nuclear que nos permiten mejorar como especie, pero nunca estaremos al cien por ciento de estar libre de errores, hay varios a lo largo de la historia de la humanidad, los más significativos los tenemos con Chernóbil y Fukushima, en Chernóbil con mala administración por parte del gobierno de esos tiempos, y el personal no capacitado en el turno nocturno, fallas en la construcción y carencia de un muro de contención por si acaso derivaron en diezmar una ciudad entera, en el caso de Fukushima es todo lo contrario, teniendo tecnología de punta, personal altamente capacitado, edificios de contención y un apoyo del gobierno aun así ocurrió el desastre del que ya conocemos que a pesar de estar preparado por o desastres naturales paso lo que paso, y en otros usos que fue la mala praxis, la corrupción y algunos otros temas pusieron en riesgo muchos patrimonios y una cantidad de vidas humanas con destinos fatales.

A lo que quiero llegar con el proyecto y este documento es crear conciencia de lo que es la energía nuclear y sus usos, que, si bien muchos son buenos, algunos son peligrosos y otros existen con un potencial destructivo. El uso y desarrollo de la energía nuclear es gracias al hombre y que si se usa de maneras positivas será un gran avance en las futuras generaciones, pero si de lo contrarios de usa de maneras genitivas, no viviremos para ver hasta donde fue capaz la humanidad de llegar, espero que sepan usar por el bien la energía nuclear y que nunca olviden, los accidentes y lo que ha pasado para llegar hasta donde está ahora.

# Trabajos futuros

Como trabajo futuros mejorar el alcance del contador Geiger y que no se limite a unos 2 metros mínimos y que la detección de partículas Alfa, Beta y Gamma sea mucho más rápido, es decir que su detección y/o medición sea a tiempo real y con sus capacidades de detección y conteo aumentadas, eso será posible si se le añaden más tubos Geiger-Müller y se le añade alguna carcasa especial que permita el paso de partículas para su posterior e inmediata detección de partículas, ya que la rapidez de esta misma puede hacer la diferencia entre la vida y la muerte.

# Liga o enlace al video del proyecto.

<https://youtu.be/1Gpu-EKH1i4>



(IMG.23 Imagen QR).



# Anexos

Fabio Baccaglioni. (2019, 26 junio). *Cómo funciona el contador Geiger y por qué hace ese sonido tan característico* [Vídeo]. YouTube. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=svo\\_84H62G8](https://www.youtube.com/watch?v=svo_84H62G8)

Macakiux. (2021, 16 abril). *EL ACCIDENTE NUCLEAR DEL COBALTO 60 EN MEXICO* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=bTKs0D5dcmw>

Macakiux. (2020, 24 noviembre). *CUANDO MEXICO TOMÓ LECHE RADIATIVA* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=gfnUy5YDjy8>

El Heraldo de México. (2021, 11 junio). *#Virales | Caso COBALTO-60 en Ciudad Juárez, el mayor ACCIDENTE NUCLEAR en AMÉRICA.* [Vídeo]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=XNg1PjR\\_0rU](https://www.youtube.com/watch?v=XNg1PjR_0rU)

Lacerda, C. (2013, 16 febrero). Sobrevivientes do césio 137 - Ferida na Alma - I Parte. *Planeta Diário*. <http://carlalacerda.blogspot.com/2010/07/sobreviventes-do-cesio-137-ferida-na.html>

¿Qué es la radiación? (s. f.). OIEA. <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-radiacion>

Información básica sobre la radiación | US EPA. (2024, 3 mayo). US EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-la-radiacion#:~:text=Hay%20dos%20tipos%20de%20radiaci%C3%B3n%3A%20radiaci%C3%B3n%20ionizante%20y%20radiaci%C3%B3n%20no%20ionizante.>

Efectos de la radiación sobre la salud / US EPA. (2024, 3 mayo). US EPA.

<https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-de-la-radiacion-sobre-la-salud>

Cómo protegerse de la radiación | US EPA. (2024, 12 junio). US EPA.

<https://espanol.epa.gov/espanol/como-protegerse-de-la-radiacion>

Cálculo de sus dosis de radiación | US EPA. (2024, 3 mayo). US EPA.

<https://espanol.epa.gov/espanol/calculo-de-sus-dosis-de-radiacion>

About Arduino. (s. f.). Arduino. <https://www.arduino.cc/en/about>

IAEAvideo. (2018, 4 octubre). *Rayos asombrosos* [Vídeo]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=CgFrb-RfrDk>