



**Implementación educativa de un simulador virtual para
laboratorios de energía nuclear en un curso de Metodología y
Aplicación de Radionucleidos.**

Tesista: Ingeniera Alejandra Lucia Pérez Lucero

Directora: Doctora Laura Cecilia Díaz Dávila

Co-Director: Magister Rodolfo Bertone

Asesora Científica: Magister Norma Adriana Chautemps

Tesis presentada para obtener el grado de Magister en
Tecnología Informática aplicada en Educación.

Facultad de Informática - Universidad Nacional de La Plata

Octubre de 2018

A mi familia con el alma

Agradecimientos

Este trabajo de tesis es un esfuerzo que directa o indirectamente me tocó vivir en esta parte de mi vida; ahora que es tiempo de agradecer es cuando se me moviliza mi ser y me aparecen recuerdos hermosos de todo lo vivido.

Para vos Gustavo, muchas gracias, mi gran amor por ser quien sos, mi hombre y gran compañero de la vida.

Y para vos Kouichi, mi gran amorcito, mi bomboncito, gracias por ser mi hijo que no tuve biológicamente pero eso es nada comparado con toda la alegría que me das.

Mamá Rosa, mi gran abrazo del alma para vos, mi amiga de la vida, gracias, gracias.

Para vos Margarita te agradezco todo lo que hiciste para que yo termine esta tesis.

Para vos Aldo te agradezco por ser mi hermano y compañero.

Mil gracias para vos Adriana, Laura, y Rodolfo por haberme acompañado y alentado en esta etapa de mi tesis.

Resumen

En este trabajo se presenta un análisis al software educativo de un simulador virtual para la capacitación metodológica y de aplicación práctica de expertos en la manipulación competente de laboratorios de energía nuclear o Laboratorios de Radiación (en inglés, Radiation Laboratory y de ahora en más citados por sus términos en singular y en castellano).

Primeramente, se procedió a la investigación sobre el objeto de conocimiento para construir un marco teórico, relevar el estado del arte y presentar el diseño de implementación como estudio de caso experimental mixto cuantitativo y cualitativo con un grupo de estudiantes implicados en la propuesta de enseñanza y aprendizaje en entornos virtuales y presenciales (Blended-Learning, en inglés, término de ahora en adelante citado como B-Learning).

Finalmente, se exponen los resultados obtenidos a través de las encuestas, las conclusiones del trabajo y recomendaciones para futuras implementaciones.

Índice

Capítulo 1 Introducción.....	15
1.1. <i>Objetivo general.</i>	15
1.2. <i>Objetivos específicos.</i>	16
1.3. <i>Problemática, justificación y aproximación al marco teórico.</i>	16
1.4. <i>Plan de trabajo.</i>	19
1.5. <i>Estructura de la tesis.</i>	20
Capítulo 2.....	22
Los simuladores.....	22
2.1. <i>Un poco de historia de simuladores.</i>	22
2.1.1 Concepto general. Tipos de simuladores y simuladores simples.	23
2.1.1.1 Simulador educativo de historias ramificadas.....	23
2.1.1.2 Hojas de cálculo interactivas.	24
2.1.1.3 Modelos basados en juegos o situaciones lúdicas.	24
2.1.1.4 Laboratorios o productos virtuales.....	25
2.1.2. Laboratorio Virtual.	25
2.1.2.1 Concepto, especificidades y tipología de un laboratorio virtual. 26	
2.1.2.2 Aspecto didáctico.....	27
2.1.2.3 Ventajas del uso de un laboratorio virtual.....	29
2.1.2.4 Desventajas del uso de un laboratorio virtual.	30
2.1.2.5 Beneficios del uso del simulador para el aprendizaje del laboratorio.....	32
2.1.2.6 Elección del software de simulación para el laboratorio.	32
Capítulo 3.....	34
Aspectos Pedagógicos	34
3.1 <i>El software para laboratorio</i>	34
3.2 <i>Los simuladores, alternativas para el aprendizaje</i>	40

3.3 <i>Las potencialidades del software educativo en la formación universitaria</i>	45
Capítulo 4 Protocolo	48
4.1 <i>Introducción</i>	48
4.2 <i>Teoría sobre la Física de las Radiaciones</i>	50
4.2.1 Localización de la radiación	53
4.2.2 <i>Tipo de radiaciones</i>	54
4.2.3 La distancia entre la fuente y el detector	55
4.2.4 Material de blindaje	55
4.2.5 Tiempo de decaimiento de la radiactividad	57
4.3 <i>Manejo del simulador Radiation LAB</i>	58
4.3.1 El software Radiation Lab	58
4.3.2 Descripción del software Radiation Lab	59
4.3.2.1 Fuente de alimentación	59
4.3.2.2 Medidor de actividad.....	60
4.3.2.3 Contador de eventos	60
4.3.2.4 Fuente radiactiva	61
4.3.2.5 Escudo.....	61
4.3.2.6 Tubo GM.....	61
4.3.2.7 Cajas de alfa, beta y gamma de fuentes radiactivas	62
4.3.2.8 Caja de materiales para blindaje	62
4.3.3 Distancia entre la fuente y el detector	62
4.3.4 Espesor de Material de blindaje	63
4.3.5 Decay Time	63
4.3.6 Eficiencia de Detección	64
4.3.7 Detector de saturación	64
4.3.8 Detector de voltaje	64
4.3.9 Estadísticas	65
4.3.10 Resultados	66
4.4 <i>Metodología de trabajo</i>	66
4.4.1 Planificación de la Investigación en el aula	67
4.4.2 Recopilación de datos virtuales.....	68
4.4.3 Análisis de la Evidencia.....	68

4.4.4 Llegar a una conclusión	69
4.4.5 Evaluación de la Investigación	69
4.5 <i>Práctica de Laboratorios</i>	70
4.5.1 Guía de Laboratorio N° 1: Tensión de Trabajo de un detector Geiger Müller	71
4.5.1.1 Instrumentación	71
4.5.1.2 Fuentes Radiactivas	72
4.5.1.3 Funcionamiento del equipo.....	72
4.5.1.4 Resultados.....	75
4.5.2 Guía de Laboratorio N° 2: Comprobación de la ley de la inversa del cuadrado de la distancia con rayos gamma	76
4.5.2.1 Técnica Operatoria	77
4.5.3 Guía de Laboratorio N° 3: Blindaje.....	78
4.5.3.1 Técnica Operatoria	79
4.5.4 Guía de Laboratorio N° 4: Decaimiento en el tiempo.....	79
Capítulo 5 Resultados de la experiencia didáctica.....	81
5.1 <i>Simuladores Aplicados en Laboratorios de Energía Nuclear</i>	81
5.2 <i>Entrevista a docentes</i>	83
5.3 <i>Encuesta a alumnos</i>	84
Capítulo 6 Conclusiones.....	91
A título general se expresan a continuación algunas más generales como así también las dificultades más relevantes del desarrollo de este trabajo, los logros alcanzados y la línea de acción a futuro sugerida.	91
ANEXO	95
Laboratorio N° 1: Comprobación de la ley de la inversa del cuadrado de distancia con rayos gamma	95
Laboratorio N° 2: BLINDAJE	96
Laboratorio N° 3: Decaimiento en el tiempo.....	97
Encuesta realizada para los Alumnos	98
Tabla N° 8: Conceptos pedagógicos.....	98
Bibliografía.....	101

Índice de Figuras

Figura N° 1: Desviación en el campo magnético	52
Figura N° 2: Frenado de la radiación en diferentes materiales	53
Figura N° 3: Fuente y detector	53
Figura N° 4: Tipo de radiaciones.....	54
Figura N° 5: Distancia Fuente y Detector.....	55
Figura N° 6: Ley del inverso del cuadrado	55
Figura N° 7: Material de blindaje.....	56
Figura N° 8: Decaimiento exponencial.....	56
Figura N° 9: Evento Radiactivo	57
Figura N° 10: Elementos del Radiation Lab (Fuente: Radiation Lab).....	59
Figura N° 11: Medidor de actividad (Fuente: Radiation Lab)	60
Figura N° 12: Contador de eventos (Fuente: Radiation Lab)	60
Figura N° 13: Fuente radiactiva (Fuente: Radiation Lab).....	61
Figura N° 14: Escudo (Fuente: Radiation Lab)	61
Figura N° 15: Tubo GM (Fuente: Radiation Lab)	61
Figura N° 16: Cajas de fuentes radiactivas (Fuente: Radiation Lab)	62
Figura N° 17: Caja de materiales para blindaje (Fuente: Radiation Lab)	62
Figura N° 18: Distancia Fuente-Detector (Fuente: Radiation Lab).....	63
Figura N° 19: Intensidad de radiación en función del espesor de blindaje (Fuente: Radiation Lab).....	63
Figura N° 20: Tubo de ensayo (Fuente: Radiation Lab).....	65
Figura N° 21: Entorno de trabajo (Fuente: Radiation Lab)	67
Figura N° 22: Elementos del Radiation Lab (Fuente: Radiation Lab).....	71
Figura N° 23: Encendido y apagado de equipos (Fuente: Radiation Lab)	72
Figura N° 24: Fuentes radiactivas (Fuente: Radiation Lab)	72
Figura N° 25: Caja para blindajes (Fuente: Radiation Lab).....	73
Figura N° 26: Variación de distancia (Fuente: Radiation Lab)	73
Figura N° 27: Registración de cuentas (Fuente: Radiation Lab).....	73

Figura N° 28: Medidor de Actividad (Fuente: Radiation Lab).....	74
Figura N° 29: Contador de eventos (Fuente: Radiation Lab).....	74
Figura N° 30: Fuente de rayos gamma (Fuente: Radiation Lab)	77
Figura N° 31: Espesor del Blindaje (Fuente: Radiation Lab).....	78
Figura N° 32: Presencia de blindaje.....	78
Figura N° 33: Decaimiento exponencial.....	79
Figura N° 34: Inestabilidad de la fuente radiactiva.....	80
Figura N° 35: Aportes sobre acceso y control de la información	87
Figura N° 36: Comparación de las respuestas a la encuesta	88
Figura N° 37: Elementos innecesarios.....	89
Figura N° 38: Originalidad y uso de tecnología.....	90

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Actividades basadas en diferentes principios	37
Tabla N° 2: Tabla de masas	50
Tabla N° 3: Datos de distancia y conteo	69
Tabla N° 4: Distancia-Contaje.....	76
Tabla N° 5: Tabla de resultados correspondientes al Laboratorio N° 3	82
Tabla N° 6: Modelo de encuesta a alumnos	85
Tabla N° 7: Resultados de encuestas.....	88
Tabla N° 8: Conceptos pedagógicos.....	98

Capítulo 1

Introducción

En este proyecto de tesis se propuso indagar, diseñar y gestionar la implementación de un laboratorio simulado de radiación como entorno virtual de aprendizaje B-Learning con el objeto de atender la amplia demanda de capacitación teórica y entrenamiento práctico de futuros expertos responsables del uso seguro de las manipulaciones radiactivas, sin costos ni riesgos humanos y materiales, de modo tal que a su término sea plausible valorar sus resultados pedagógicos, medir su impacto y generar recomendaciones futuras en aras de la calidad educativa.

1.1. Objetivo general.

En busca de mejorar las actividades de capacitación y entrenamiento que se realizan para estudiantes profesionales de la salud , la propuesta contempla la adecuación e implementación de una herramienta educativa virtual disponible en la Red a través de una conexión a Internet. Un software de simulación detector de radiaciones ionizantes que interactúe con una fuente de radiación y permita advertir la presencia de material radiactivo y estimar la exposición a la que se somete el individuo.

Con la aplicación de este software que a la vez oficiaría de entorno virtual se pretende evaluar el entrenamiento desarrollado por los estudiantes en situaciones de riesgo, detectar errores a fin de subsanarlos y evitar daños tanto

en las personas que trabajan con radiaciones como en el instrumental que utilizan para las prácticas de laboratorio. Consecuentemente se formaliza el siguiente objetivo general:

Valorar mediante la gestión e implementación educativa de software de simulación de un laboratorio de radiación virtual, la capacitación y el entrenamiento profesional de expertos en la manipulación de material radiactivo. Analizar limitaciones y potencialidades, su impacto en clases de laboratorio y ofrecer instancias de retroalimentación a futuro para la mejora de los procesos educativos implicados.

1.2. Objetivos específicos.

1.2.1 Construir un protocolo de uso del simulador de laboratorio que contemple: la descripción de los fenómenos físicos involucrados, la validación de los resultados obtenidos; una guía para su uso adecuado y una metodología de desarrollo y seguimiento formativo de los aprendizajes esperables y sus resultados.

1.2.2 Implementar el uso teórico-práctico del software de simulación de laboratorio en un curso del CUTeN con los insumos citados (Input).

1.2.3 Describir los resultados obtenidos (Output), graficarlos y analizarlos según el marco teórico construido.

1.2.4 Determinar mediante una evaluación por parte de los alumnos el grado de aceptación de la herramienta, el aprendizaje logrado y la pertinencia del protocolo de uso.

1.2.5 Comprender mediante indagación a los docentes sobre las dificultades para operar el simulador, aportes tecnológicos y pedagógico-didácticos a los logros de aprendizaje y la contribución del protocolo de uso al desarrollo de la práctica experimental.

1.3. Problemática, justificación y aproximación al marco teórico.

En el Centro Universitario de Tecnología Nuclear (CUTeN, citado desde aquí en adelante por su sigla), que dicta cursos de grado, posgrado y

divulgación sobre temas referidos a la energía nuclear se debe atender la demanda educativa de más de sesenta alumnos por cohorte. Esto conlleva condicionamientos que en conjunto conforman tanto riesgos humanos como riesgos y pérdidas materiales que limitan una adecuada gestión de calidad de la capacitación ofrecida.

Estos condicionamientos son por un lado los posibles riesgos humanos que se presentan aun a pesar de las precauciones que se deben tomar para manipular material radiactivo. El elevado número de radioisótopos que se necesitan para distribuir en grupos numerosos, cuyas fuentes de radiación utilizadas no solo son de alto costo pecuniario, sino que además decaen rápidamente en el tiempo por lo que se las debe reponer anualmente.

Por otra parte, para evitar cualquier error que hubiere de surgir al operar los instrumentos de medición porque estos pueden dañarse y/o pueden adulterarse las mismas mediciones que se realizan, se requiere de la asignación de un instructor en cada grupo de trabajo en un mismo espacio físico.

Por ello, el aprendizaje mediante la implementación de un software de simulación de un laboratorio virtual ofrece un abordaje educativo a la vez preventivo y seguro en la manipulación de una amplia variedad de datos que al mismo tiempo facilita la verificación cualitativa y cuantitativa de las leyes científicas implicadas en la manipulación de material radiactivo (Albert Einstein, 1952 citado en Gómez, 1997).

Con un simulador de laboratorio los futuros practicantes se habrán de encontrar ante situaciones reales para las cuales la ocurrencia de errores no habría de provocar daños al manipular instrumentos sofisticados, delicados y escasos. De esta manera se puede potenciar sin riesgos la adquisición y desarrollo de destrezas cognitivas, habilidades y competencias procedimentales dadas las ventajas que ofrece el aprendizaje por simulación para la comprensión y comprobación del funcionamiento de los sistemas implicados que no son posibles de experimentar en un laboratorio real. Como sostienen Guaralnick y Levy (2009), se torna factible investigar tanto conceptos teóricos como el poder centrarse de manera reflexiva en situaciones prácticas mediante la recreación específica de operaciones de funcionamiento.

Otra razón válida que justifica el uso de simuladores, es la cobertura de la demanda de aprendizaje por parte de un gran número de alumnos por curso, algo imposible de cubrir por las limitaciones que ofrece un mismo espacio físico en tiempo real. Esto a su vez requiere mayor tiempo de dedicación por parte de los docentes para organizar las situaciones de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Un entorno de aprendizaje virtual por el contrario posibilita que mientras los alumnos se abocan a la experimentación de variables vayan reflexionando, adquiriendo y desarrollando al mismo tiempo un alto grado de autonomía durante las situaciones de aprendizaje como si se tratara de un ambiente real. A su vez, los docentes tienen la posibilidad de ofrecer apoyo mientras van realizando un seguimiento formativo que redunde en resultados sumativos de aprendizaje con mayor calidad educativa.

Como sostiene Aldrich (2005), los ambientes de aprendizaje virtual por simulación permiten realizar sucesivas pruebas y comparar los resultados obtenidos de modo tal que se logran adquirir y desarrollar destrezas para la protección radiológica dentro del laboratorio y profundizar el manejo de los instrumentos de detección de las radiaciones.

Con ello se estaría cubriendo la demanda de situaciones de aprendizaje distribuidas en grupo ya que se dispondría de todos los instrumentos requeridos para el tratamiento y comprensión de fenómenos físicos. Al mismo tiempo se estaría contemplando la posibilidad de personalizar el aprendizaje de cada alumno ya que cada uno de ellos podría acceder a los mismos desde un ordenador o un dispositivo digital móvil para realizar sus prácticas de laboratorio repitiendo las experiencias tantas veces como lo necesite, a su ritmo, sin la presión de seguir al resto del grupo clase.

Se abordarían así, procesos cíclicos y de alta complejidad contextual recreando una y otra vez, tanto como fuere necesario, la programación y la experimentación de situaciones simuladas como si fueran las realmente llevadas a cabo en un laboratorio convencional (Aldrich, 2005; 2009a). De esta manera se propendería a la adquisición y desarrollo sistemático de las habilidades específicas requeridas en la formación de expertos en la manipulación de instrumentos focalizando el adecuado funcionamiento de los detectores de radiación en un ambiente virtual de manipulación experimental

seguro y sin riesgos, complementario de instancias presenciales (Guaralnick, 2009).

Otro aspecto importante que posibilita un laboratorio de simulación virtual lo constituye según Konetes (2010), el uso significativo en la mente del aprendiz de juegos y simulaciones que pueden asegurar el éxito de una capacitación, ya que se ajustaría a sus posibilidades cognitivas y metacognitivas desde la reflexión teórico-práctica de sus modos de aprender y actuar sustentando en la pertinencia de un protocolo de actuación a alcanzar como experiencia formativa.

Se puede expresar entonces que la aplicación de estas herramientas como complemento de prácticas presenciales responde a la necesidad de preparar profesionales idóneos que puedan solucionar problemas en el uso de radiaciones, de manera precisa, acertada y rápida evitando los riesgos que implica la manipulación real de las mismas. Las habilidades aprendidas a través de la interacción con simuladores, pueden transferirse a entornos reales de práctica, de allí su potencial para el uso en el manejo de radioisótopos que pueden ser aplicados en ciencias básicas, medicina o industria. También estas herramientas pueden convertirse en una valiosa herramienta didáctico-pedagógica de evaluación formativa y sumativa (Bradley, 2006).

1.4. Plan de trabajo.

El plan de trabajo desarrollado se detalla a continuación:

Obtención de datos secundarios mediante exploración del estado del arte en base a experiencias y modelos que hayan implementado simuladores en prácticas de laboratorio.

Diseño, desarrollo e implementación de una **metodología de enseñanza-aprendizaje** para la realización de las prácticas de laboratorio.

Implementación del uso de un simulador disponible en la Red, dentro de un aula virtual. Este proceso será abordado por un grupo piloto, correspondiente a alumnos del curso de Metodología y Aplicación de radionucleidos de posgrado. De esta manera se pretende evaluar el funcionamiento contrastado de la herramienta en cuanto a la reproducción de los resultados con la práctica real y virtual, la aceptación de la misma por parte

de docentes y alumnos, evaluación de la experiencia y el impacto de la propuesta educativa.

Diseño de los tipos, procesos e instrumentos de evaluación dirigidos a los diferentes actores, estudiantes y docentes, y aplicación de los mismos. Esta etapa consiste en realizar encuestas a los alumnos para analizar el grado de satisfacción en el uso de la herramienta, el aporte al aprendizaje, la inteligibilidad del protocolo de uso. Y otra a los docentes indagando sobre las dificultades para operar el simulador, aportes tecnológicos, pedagógico-didácticos al aprendizaje, resultados obtenidos en la experiencia y concordancia con lo esperado, incidencia del protocolo de uso según el desarrollo implementado.

Realización del análisis y las conclusiones atendiendo a las dimensiones propuestas en este trabajo tanto metodológicas, tecnológicas y pedagógico-didácticas, analizadas desde los resultados experimentales y los enfoques de los actores involucrados en la indagación.

Retroalimentación para la mejora de futuras propuestas de laboratorios de simulación a partir de los insumos obtenidos en este trabajo de investigación.

1.5. Estructura de la tesis.

El trabajo se constituye de la siguiente forma: En el segundo capítulo se aborda la temática según el estado del arte de los simuladores virtuales en contraste con otros laboratorios de diversa procedencia y localización para ponderar su selección e implementación para trabajar en el Reactor Nuclear RA-0. En el tercer capítulo se indican los aspectos pedagógicos necesarios para el empleo del simulador en los laboratorios. En el cuarto capítulo se fundamenta el diseño de un protocolo de uso para comunicar a los alumnos las condiciones evaluativas que deben cumplir para el buen uso del mismo y se caracteriza la aplicación de los laboratorios virtuales aplicando el software de simulación, generando a su vez una instancia de seguimiento para observar el comportamiento de los alumnos. En el quinto capítulo se aborda el tratamiento de las encuestas a los alumnos y docentes para poder analizar el grado de

aceptación del simulador. En el sexto capítulo se destacan las conclusiones hacia los objetivos propuestos.

Capítulo 2

Los simuladores

En este capítulo se desarrolla una breve síntesis de la investigación exploratoria realizada para construir el marco teórico relacionado con los aspectos de la construcción del protocolo del uso del simulador, la implementación teórico-práctico del software en el CUTeN y la descripción de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio, todos ellos son aspectos que se desarrollan en el capítulo 4: Protocolo para dar cumplimiento a los objetivos 1.2.1, 1.2.2 y 1.2.3 enumerados en el capítulo 1 de este trabajo.

2.1. Un poco de historia de simuladores.

En la Real Academia Española (RAE), podemos encontrar la siguiente definición de simulador según la acepción en tecnología: “Aparato que produce el comportamiento de un sistema en determinadas condiciones, aplicando generalmente para el entrenamiento de quienes deben manejar dicho sistema”

En la misma línea desde su dimensión tecnológica, un simulador es una tecnología digital configurada mediante cálculos y gráficos (Fernández, 2005), de modo tal que en un espacio virtual es posible representar, reproducir, explorar y manipular situaciones experimentales lo más parecidas a la realidad para que se pueda adquirir y desarrollar el saber teórico y el saber hacer respectivos hasta que ambos se conviertan en su conjunto en una nueva conducta, es decir un nuevo aprendizaje mediatizado en un entorno E-Learning u entorno de aprendizaje a distancia virtual (Zonorza, 2006 ; Navarro & Santillán, s/f).

Desde el punto de vista educativo un simulador puede ser considerado un complemento didáctico, entendido como un entorno virtual de simulación

que posibilita reforzar la capacidad de observación y la capacidad de análisis para la toma de decisiones. Esto es factible ya que, como medio o soporte e interfaz, un simulador puede recrear y estimar la complejidad de situaciones reales con consecuencias previsibles y efectos no deseados.

Los simuladores, también, pueden ser aliados del docente para motivar a las y los educandos y aproximarlos a una realidad, guiarlos en la adquisición de destrezas necesarias para enfrentarlos a diversas situaciones sean de la física o de las matemáticas, las ingenierías o la medicina, en lugar de solo suponerlas. Se convierten en el medio de entrenamiento ideal para bajar los costos que implica una verdadera experimentación en laboratorio (instrumentación, recursos materiales y personal auxiliar).

Para poder comprender estos aspectos, a continuación, se exponen aspectos conceptuales generales y aquellos específicos que refieren a la temática en este trabajo en particular.

2.1.1 Concepto general. Tipos de simuladores y simuladores simples.

Un simulador, es una representación por imitación de procesos reales, con la diferencia que permite la ejecución de algún proceso tantas veces como sea necesario. En todos los casos se obtiene retroalimentación ya sea automática brindado por el mismo simulador y/o por la acción tutorial docente. Para comprender esto, se hace un breve recorrido expositivo de la clasificación de Aldrich (2005, 2009b)

2.1.1.1 Simulador educativo de historias ramificadas.

Según Aldrich (2010) la simulación educativa ramificada consiste en que el estudiante decide el desenlace final a partir de un conjunto de elecciones posibles. De esa manera el estudiante va pudiendo aprender y probar distintas opciones hasta encontrar la mejor estrategia según el caso. Ejemplo, si en caso de una venta hipotética de un celular ante un posible comprador deberá decidir qué estrategia seguir para que el cliente lo compre. Según la elección de la

estrategia el software de simulación le indicará diferentes opciones a elegir e incluso aspectos en lo que podría fallar.

Y según María Elena Dorrego (1971). La instrucción programada es una técnica de enseñanza autodidáctica que consiste en la presentación de la materia a enseñar en pequeñas unidades didácticas, seguidas de preguntas cuya verificación inmediata, si la respuesta es correcta, contribuye a alcanzar el conocimiento adquirido, o si es incorrecta, conduce a la corrección del error. La presentación de la materia se realiza a través de programas, mediante libros, o máquinas de enseñanza.

2.1.1.2 Hojas de cálculo interactivas.

Según Aldrich (2010) este tipo de simulación que requiere de un acompañamiento sostenido por un docente-tutor o experto se caracteriza por el cálculo interactivo con plantillas Excel u aplicación similar que permite simular situaciones como por ejemplo realizar inversiones en dinero y analizar los comportamientos posibles de algunas variables.

2.1.1.3 Modelos basados en juegos o situaciones lúdicas.

Según Aldrich (2010) el aprendizaje mediante el juego o situación de aprendizaje ludificada se puede entender como el proceso por el cual se diseña una estrategia de juegos para estimular y motivar el aprendizaje en situaciones no lúdicas o que se ludifican.

Con ello se permite como principal fortaleza verificar el aprendizaje de conocimiento más que de habilidades. Por ejemplo, plantear quien resuelve primero un cálculo matemático, quien encuentra la respuesta correcta a un interrogante en cualquier disciplina. Y en todos los casos, generando un sano espacio de competencia constructiva donde todos ganan aprendiendo y mejorando el aprendizaje entre si gracias al aporte de los participantes en una situación ludificada ya que permite avanzar hacia zonas de desarrollo próximo (ZDP).

2.1.1.4 Laboratorios o productos virtuales.

Según Aldrich (2010), estos hacen referencia a situaciones muy complejas, cuyo costo sea muy alto, o su acceso real sea muy poco probable mediante la simulación programada con el propósito gracias al cual las experimentaciones de estas situaciones complejas puedan llegar a ser lo más parecidas a la realidad y el estudiante pueda luego estar en condiciones de transferir lo aprendido a situaciones reales. Por ejemplo, desarrollar y practicar con una muestra radiactiva.

2.1.2. Laboratorio Virtual.

Según lo expresado un laboratorio como ámbito de experimentación puede reproducir de manera virtual una situación simulada como si fuera real en un entorno de aprendizaje a distancia virtual (E-Learning, en inglés).

En este trabajo, el laboratorio virtual estará constituido por diversos simuladores (herramientas propias del sistema) que permitirán llevar adelante una experiencia cercana a la realidad. Así, el laboratorio virtual que permite investigar la variación de la velocidad de conteo según la diferencia de potencial aplicada a un detector Geiger Müller, comprobar la ley inversa del cuadrado, observar la variación en la velocidad de conteo al interponer blindajes y el decaimiento temporal de una fuente radiactiva requerirá el empleo de simuladores tales como fuente de alimentación, medidor de actividad, contador de eventos, fuente radiactiva, escudo (blindaje), tubo GM y cajas de fuentes radiactivas emisoras alfa, beta y gamma.

Los laboratorios virtuales son desarrollados como un sistema computacional accesible vía Internet, mediante un simple navegador, donde los experimentos se llevan a cabo siguiendo un procedimiento similar al que se sigue en un LC, pudiendo inclusive ofrecer la visualización de instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos, programados mediante applets de Java, Flash, cgis, javascripts, PHP, etc., incluyendo imágenes, sonido y animaciones, de acuerdo a Lorandi Medina (2011).

Los simuladores presentan modelos dinámicos interactivos (generalmente con animaciones) y los alumnos realizan aprendizajes significativos por descubrimiento al explorarlos, modificarlos y tomar decisiones ante situaciones de difícil acceso en la vida real, de acuerdo a Marquès Graells (2004).

2.1.2.1 Concepto, especificidades y tipología de un laboratorio virtual.

El término virtual significa no real. También refiere al concepto respecto de algo físicamente real como pura abstracción (en la mente del aprendiz u educando), utilizable en amplia variedad de situaciones. De allí que se pueda definir a un laboratorio virtual como una situación simulada en una computadora o servidor como ambiente interactivo virtual gracias al uso de modelos matemáticos.

De esta manera mediante las acciones conjuntas de abstracción con experimentación se puede lograr un aprendizaje activo como si fuera real, proceso mediante el cual la o el educando pone en práctica lo que aprende mientras comprende y aprende haciendo. Esto implica interactuar con y a través de la simulación para manipular un objeto de conocimiento tantas veces como sea necesario, de modo tal que se facilita la comprensión de ese objeto de conocimiento en todo su proceso y complejidad.

Para que la simulación virtual habilite y propicie un adecuado ambiente de aprendizaje como torno enriquecido virtual por esta tecnología de simulación se hace necesaria la obtención de un modelo algorítmico. A partir de este modelo algorítmico se procede a una traducción que lo convierte en un lenguaje asequible para el aprendiz, agregando aquellos elementos o componentes que como facilitadores (ayudas, fórmulas, tutoriales, etc.), permiten la entrada de información y la presentación de resultados para poder interactuar con el simulador como entorno interactivo.

Por otro lado, están los laboratorios virtuales que pueden ser tanto locales o remotos, es decir según la distancia de acceso. Un laboratorio local se instala en un dispositivo accesible al aprendiz, por ejemplo, una terminal informática o computador. Un laboratorio virtual remoto se aloja en un servidor lejano a través de una conexión a Internet en la red global o World Wide Web

(WWW). Este proceso es similar al anterior solo que, a distancia, sea esta en forma diferida en el tiempo o simultánea. Es ambos casos, tanto el laboratorio local o remoto constituyen un aula virtual ubicua, más allá de los límites del tiempo y el espacio.

2.1.2.2 Aspecto didáctico.

Según lo expresado, hay que tener en cuenta que, en todo proceso de enseñanza y aprendizaje virtual, el diseño didáctico y sus posibilidades definen las potencialidades efectivas de aprendizaje, sea este diseño didáctico considerado una dimensión clave cualitativa o una variable cuantificable e independiente según el posicionamiento pedagógico del cual se parta.

Así, de acuerdo a si se trabaja con software de simulación o con un laboratorio virtual local o remoto, el diseño didáctico para ambos casos referido a su subdimensión tutorial, es clave, pues en parte genera un determinado tipo de acompañamiento que puede contribuir a un aprendizaje efectivo. Y según sea el caso, se define si la interacción es con el modelo a través de su interfaz, con esta y el profesor y/o con otros de manera simultánea o diferida, o todos ellos en combinación.

En el primer caso es una interacción individual, en el segundo es colaborativa (si bien el aprendizaje se produce en la mente del aprendiz o educando, este puede verse ampliado, mejorado, reforzado por el intercambio con otros). Y en el tercer caso son la resultante de una interacción automatizada complementada por la acción tutorial. Lo ideal es que según los conocimientos previos del grupo clase, las condiciones contextuales que en este caso se pretendan simular de manera virtual y los logros esperables, se diseñe un proceso combinado a medida o situado.

Un detalle a tener en cuenta es también considerar si el software de simulación o laboratorio contemplan una evaluación integrada porque a partir de esta posibilidad cambia la planificación didáctica. Puede esta situarse en una base de datos de forma integrada o no. Al igual que el diseño didáctico la evaluación dependerá de objetivos, metas y expectativas plasmados en una guía de actividades comunicable y asequible para las y los educandos.

Al diseño didáctico en un entorno virtual, en este caso simulado, según García y Gil (2006), lo acompaña un nuevo rol docente. Este nuevo rol es el de Tutor que implica aunque no siempre de manera definitiva, abandonar el rol convencional de transmisor de información para situarse en el rol de facilitador con el propósito de orientar al aprendiz en su proceso de aprendizaje activo. El tutor provee recursos (materiales de lectura y análisis, la programación del software interactivo, tutoriales, etc.) justo a tiempo cuando el aprendiz lo requiere pues como tutor es quien regula el proceso de aprendizaje a partir del andamiaje que diseña según un diagnóstico previo.

En este sentido el tutor es un organizador a partir de la materia prima con la que cuenta, el aprendiz y sus ideas previas. El aprendiz puede así manipular variables de un modelo por simulación favoreciendo el aprendizaje por descubrimiento, lo que no excluye un esquema conceptual informativo global o incluso de los contenidos a desarrollar.

En síntesis, el tutor es facilitador, regulador y orientador que guía y organiza el aprendizaje, a lo que se agrega, además, la tarea de investigar las potencialidades tanto del contenido, el proceso didáctico como de las posibilidades de un entorno virtual como ambiente de aprendizaje por simulación.

No obstante, se podría afirmar que, según Sierra (2005) una planificación didáctica como proceso instruccional cuenta con cuatro fases genéricas: motivación, investigación, formalización y transferencia.

La motivación refiere a las razones intrínsecas que adquieren sentido para el aprendiz y que lo movilizan a aprender y razones extrínsecas dispuestas por la titulación en el marco institucional de acreditación (aquello que como competencia habrá de adquirir un aprendiz por certificación emitida ante la sociedad que avala un determinado desempeño).

La investigación refiere al proceso de aprendizaje según el diseño didáctico con un aprendiz como protagonista que aprende por descubrimiento a resolver problemáticas o cuestiones hipotéticas (Learning by doing, en inglés).

La formalización refiere al proceso por el cual el aprendiz da cuenta de sus logros teórico-prácticos. La transferencia es el proceso por el cual el aprendiz es capaz de desempeñarse en situaciones parecidas a las ensayadas por descubrimiento aplicando lo aprendido y dando cuenta del qué, como,

porque y para qué. Se trata de una capacidad de resolución fundamentada. Fundada en el saber, el saber hacer, demostrable, constatable, ser capaz de saber comunicarlo y si es un aprendizaje colaborativo saber compartirlo. Dicho de otro modo, es la adquisición y desarrollo de competencias en contexto o capacidad de dominio y desempeño.

2.1.2.3 Ventajas del uso de un laboratorio virtual.

La creación de laboratorios virtuales tiene múltiples ventajas respecto a los reales. Dado que este tipo de laboratorios se sustenta en modelos matemáticos que se ejecutan en computadoras, su configuración y operación es más sencilla. Además, tienen un mayor grado de seguridad toda vez que no existe el riesgo de accidentes en el entorno virtual al no haber equipos o dispositivos físicos.

Otra ventaja no menos significativa se desprende de la economía, pues se invierte menos en equipos, materiales y reactivos.

Desde el punto de vista ambiental, al no utilizar reactivos que en ocasiones son tóxicos, se favorece la preservación del medio ambiente en tanto que no se vierten residuos contaminantes a la atmósfera ni a los desagües. En este sentido, también se asegura el cuidado de la salud de los alumnos y de la población circundante al no estar en contacto con dichos materiales.

Además de los beneficios mencionados, se obtienen otros derivados de alternar la actividad experimental virtual y la real, beneficios que se enlistan a continuación:

- * La familiarización que se produce al experimentar durante la simulación que precede a la práctica real, por lo que cuenta con conocimientos previos a las prácticas en laboratorios reales.

- * Al optimizarse el tiempo de realización de las prácticas, se optimiza la utilización de los materiales.

- * La disminución y minimización del uso incorrecto de equipos.

- * La creación y práctica de hábitos metodológicos.

- * El dominio de las tecnologías informáticas actuales.

*La propensión a favorecer la repetición y reproducción de experimentos que benefician tanto al entrenamiento como a la experimentación que a su vez puede ser simultánea, o no.

*Se favorece la construcción del aprendizaje, la capacidad de análisis y al pensamiento crítico.

*Los alumnos se forman en metodologías de trabajo, con lo cual crean el hábito de modelación previa. Se favorece la repetitividad y reproducibilidad de los experimentos.

*Incluso a partir de ambos procesos por el uso de, con y a través de tecnologías digitales o TIC se propicia la conformación de residuos cognitivos (Jonassen,1996). Esto es, de tanto practicar una y otra vez, se recablean formas y procesos conceptuales en la mente del aprendiz y de actuación práctica.

*No hay un gasto excesivo de recursos consumibles (reactivos, energía, etc.) necesarios para la realización de las prácticas.

2.1.2.4 Desventajas del uso de un laboratorio virtual.

Además del diseño del modelo matemático de simulación, también debe ser tenido en cuenta el diseño didáctico pedagógico que insume tiempo y dedicación extra (y costos de personal y recursos).

Esto implica una mayor inversión inicial de recursos tanto humanos como materiales, pero si se piensa en el nivel de reproductibilidad y el número de personas que se formarían con la misma inversión inicial no se puede decir que el costo inversión inicial no se recupere. Este costo de inversión queda sujeto al retorno de inversión (ROI). A mayores grupos de alumnos capacitados en el tiempo, mayor amortiguación de la inversión y retorno de la misma, no solamente traducible en costos pecuniarios sino también humanos y educativos, como los expuestos.

No obstante, también, hay que tener en cuenta que un diseño e inversión inicial no desvincula al docente de su rol tutorial.

Por lo dicho, un buen desarrollo didáctico-pedagógico orientado a un aprendizaje eficaz se acompaña de una buena implementación didáctica

porque la desventaja de un aprendizaje virtual, como el de este caso por simulación, pero sin apoyo tutorial al aprendizaje se puede volver y traducir en pérdida de alumnos por abandono.

Si bien, por lo general desde la andragogía se sostiene que un alumno adulto es autónomo y autosuficiente para administrar sus tiempos y procesos de comprensión y aprendizaje, la tendencia indica que cuando se carece de un apoyo tutorial acorde, suele generarse un abandono recurrente. De allí, la importancia del rol tutorial, responsable del diseño didáctico y de la regulación del proceso de aprendizaje.

Ambos aspectos se imbrican en dos subdimensiones claves. El diseño didáctico de los materiales y/o del software de simulación y el diseño didáctico de las instancias de tutorización. En el primer caso, lo aconsejable es que los materiales o el software de simulación, cuenten con un diálogo didáctico simulado para que el educando o aprendiz pueda interactuar con este como si fuera un soporte maestro que oficia de guía.

Esto es que sea redactado de tal forma que constituya para el alumno un encuentro didáctico indirecto como si un alguien (el autor simulado por la máquina y o en el material de lectura), estuviera presente en formato virtual guiando el aprendizaje, lo que constituye también una de las fortalezas de la educación a distancia virtual, esto es el dialogo didáctico guiado (Holmberg, 1983).

En el segundo caso, se hace referencia justamente a la importancia del rol tutorial porque dependiendo de los conocimientos previos del grupo clase, alumno u aprendiz, es el rol tutorial el que va guiando, y regulando el andamiaje con el que se sustenta el aprendizaje hasta llegar a problemáticas complejas en las cuales el alumno termina siendo capaz de resolver de forma autónoma la problemática que se le plantea. Dicho de otro modo, el rol tutorial es capaz de intervenir en contexto, contextualizando la situación de aprendizaje hasta lograr que se cubran las expectativas de logro de manera autónoma, en forma colaborativa, o no.

2.1.2.5 Beneficios del uso del simulador para el aprendizaje del laboratorio.

Además de las ventajas comparativas del uso de un simulador del laboratorio podemos hablar de beneficios netos en el caso particular de una manipulación radiactiva. Podríamos considerar los siguientes aspectos.

Podemos plantear el beneficio ético, a partir del cual se puede concebir que no es lo mismo cometer un error en un entorno simulado que puede ser detectado, corregido, reorientado y reforzado a tiempo.

En relación a lo anterior es un asunto de formación por competencias ya que además de estudiar los aspectos teóricos y casos específicos, existe la posibilidad de llevar a la práctica habilidades con escucha atenta, intervención oportuna justo a tiempo, lograr dominar la ansiedad para poder aplicar de manera pertinente el procedimiento adecuado con la opción protocolar que corresponda. Y todo ello en su conjunto y de manera pormenorizada puede ser supervisado para afianzar las habilidades requeridas antes de enfrentar la práctica en un laboratorio real.

Además, se facilita la posibilidad de cometer errores expreso ya que al practicar situaciones ideales se pueden cometer errores que permiten al estudiante dimensionar las consecuencias de esos errores y crear una conciencia en cada caso particular.

La retroalimentación automática brindado por el diseño del software con el diálogo didáctico guiado simulado permite reforzar un proceso determinado en el momento justo. Así, en la interacción interviene o puede incorporarse este dialogo didáctico simulado entre la simulación y el alumno que también puede ser concebido como un dialogo entre el profesor y el alumno además del rol tutorial que refuerza la situación contextual. Un ida y vuelta, tantas veces como hiciere de hacer falta hasta el logro del dominio esperable.

2.1.2.6 Elección del software de simulación para el laboratorio.

El uso de un simulador de laboratorio con detector Geiger Muller resuelve las situaciones descritas dado que cada alumno puede disponer del

mismo en su ordenador o dispositivo móvil, y desde allí realizar las prácticas correspondientes. Aplicando este software el alumno podrá trabajar a su propio ritmo repitiendo las experiencias que necesite para comprender los fenómenos involucrados. Cada practicante podrá trabajar a su ritmo de aprendizaje evitando la presión de seguir al resto de la clase.

De acuerdo a lo expresado en párrafos previos para la elección del software se ha contemplado que el software a seleccionar incluya un detector Geiger Muller. A través de este detector, al colocar una muestra radiactiva el alumno a través de su ordenador o dispositivo móvil puede desarrollar la práctica simulada de acuerdo al problema que se le plantee a su ritmo, repitiendo la experiencia hasta la comprensión fenoménica en su totalidad y de manera personalizada.

En la búsqueda de un software que presente características específicas al área nuclear y fundamentalmente que permita mediciones a través de instrumentos especializados y el empleo de fuentes radiactivas y blindajes, a la vez que pueda ser obtenido por la comunidad educativa, es que se selecciona el denominado “Radiation Lab” el que se encuentra disponible en Internet. El software nombrado es libre y no es necesario registrarse ni contiene anuncios. Está disponible en <http://getwordwall.com/VisualSimulations> (consulta realizada durante 2014). Esa página web fue creada en 2005 por un programador de la empresa Visual Education Ltd con sede en Oxford, Reino Unido. El reactor nuclear RA-0 tiene el permiso del creador para ser usado en los cursos que normalmente dicta.

La consideración de esos dos aspectos del software al momento de decidir su selección puede interpretarse como un ejercicio de evaluación de la calidad de los medios de interacción con el usuario. Para ello se diseña un experimento cuyos aspectos metodológicos, resultados e interpretaciones se muestran en los apartados de los próximos capítulos.

Capítulo 3

Aspectos Pedagógicos

El presente capítulo se ha elaborado, en el marco de los objetivos 1.2.4 y 1.2.5 del Capítulo 1, teniendo en cuenta los aspectos pedagógicos que se deben considerar a la hora de elegir y utilizar un software con fines educativos. Téngase presente que si el objetivo es mejorar las actividades de capacitación y entrenamiento que se realizan para estudiantes de grado y profesionales de la salud e industria nuclear, esto debe realizarse siguiendo una línea que guarde una correlación entre las propuestas pedagógicas y la herramienta que se utiliza como soporte.

De lo que se trata es de analizar qué se hizo en la práctica de laboratorio y evaluarlo en relación al cómo, es decir, qué propuestas o corrientes pedagógicas sustentan en lo teórico las acciones realizadas en la práctica. Si se tiene en cuenta que a través de una herramienta didáctica se está reemplazando una práctica directa con materiales de alto contenido radiactivo, la aplicación debe cubrir en todos los niveles la secuencia de aprendizajes y contenidos estipulados previamente.

3.1 El software para laboratorio

El dictado de cursos y asignaturas utilizando experimentos de laboratorio con simuladores de fuentes radiactivas tiene por finalidad imitar la realidad para su observación; de esta manera se cuenta con la posibilidad de equivocación sin asumir riesgo de provocar accidentes; además, se practica en la toma de

decisiones y resolución de problemas en escenarios reales, se aplican conocimientos teóricos y se arriba a conclusiones certeras.

Las simulaciones por ordenador crean un contexto equipado para el aprendizaje exploratorio o descubrimiento, dado que los conceptos físicos pueden ser comprendidos con más profundidad, a la vez que se ilustran contenidos procedimentales. (Njoo y Jong, 1993 en Casanovas, 2005)

Entonces, se puede caracterizar al software educativo atendiendo a su posibilidad de constituirse en recurso de enseñanza/aprendizaje y de ser una estrategia de enseñanza. Su uso lleva implícitas una serie de estrategias de aplicación: de ejercitación y práctica, de simulación, tutorial para su uso, de manejo individual o grupal, competencias, entre otras.

Lo que ocurre es que el software educativo ha llevado a cabo un proceso de selección, organización y adaptación a los usuarios de aquellos contenidos que se van a transmitir; también, planeadas las estrategias de enseñanza de los mismos y su forma de presentación, es decir, el diseño de las pantallas y la forma como el usuario puede comunicarse con el programa. (Gros y otros, 1997 en Clares López, 2011)

El software educativo, necesariamente, ha sido desarrollado bajo concepciones educativas. Delimitar brevemente esas teorías puede ayudar a comprender las situaciones de aprendizaje que se generan, o dilucidar cómo se produce el aprendizaje,

En relación a las principales teorías del aprendizaje, diversos autores destacan dos: el conductismo y el constructivismo, otros añaden el cognitivismo.

En los diseños de aprendizaje constructivista, se destaca el modelo de Entornos de Aprendizaje Constructivista (EAC) (Jonassen, 2000):

El modelo concibe un problema, una pregunta o un proyecto como centro del entorno, con varios sistemas de interpretación y de apoyo intelectual a su alrededor. El objetivo de un alumno es interpretar y resolver el problema o finalizar el proyecto. Los ejemplos relacionados y las fuentes de información ayudan a la comprensión del problema e indican posibles soluciones; las herramientas cognitivas ayudan a los alumnos a interpretar y manipular los diferentes aspectos del problema; las herramientas de conversación/

colaboración permiten a las comunidades de alumnos negociar y colaborar en la elaboración del significado del problema; y los sistemas de apoyo social/contextual contribuyen a que los usuarios pongan en práctica el EAC. (Jonassen, 2000: 227)

Gros y otros (1997) se centran y profundizan en las teorías Conductistas y Cognitivas, y proponen una clasificación del software en base a cuatro categorías: tutoriales, práctica y ejercitación, simulación, hipertextos e hipermedias:

- Tutorial: enseña un determinado contenido.
- Práctica y ejercitación: ejercitación de una determinada tarea una vez se conocen los contenidos. Ayuda a adquirir destreza.
- Simulación: proporciona entornos de aprendizaje similares a situaciones reales.
- Hipertexto e hipermedia: Entorno de aprendizaje no lineal. (en Clares López, 2011)

Su importancia se explica en razón de que cada principio conlleva una modalidad de exposición/apropiación del conocimiento; en otras palabras, a través de los principios se vinculan la organización del conocimiento y las estrategias de enseñanza que adopta el software para conseguir el aprendizaje del usuario.

Principios Conductistas	Principios cognitivos	Principios constructivistas
Programas de práctica y ejercitación.	Programas tutoriales.	Simulaciones, hipertextos.
Descomposición del contenido en unidades.	Jerarquización y secuenciación de contenidos en función del contenido y de las características del alumno.	Creación de entornos de aprendizaje.
El ordenador ejerce el control de la secuencia de aprendizaje.	El ordenador no necesariamente ejerce el control de la secuencia (mayor abertura).	El usuario ejerce el control de la secuencia de aprendizaje.
Importancia del refuerzo.	Importancia de las	Importancia de la calidad

	formas de interacción del entorno de computadora- aprendizaje propuesto. alumnos.
Recomendable para la adquisición de destrezas, automatización de aprendizajes, contenidos claros, poco interpretables.	Recomendable para programas de enseñanza (tutoriales, multimedia). Recomendable para programas con contenidos complejos, resolución de problemas, tareas interpretativas.

Tabla N° 1: Actividades basadas en diferentes principios

Estas decisiones se fundamentan porque el constructivismo postula que el conocimiento se construye de manera subjetiva.

Los postulados del enfoque constructivista se basan en la construcción del conocimiento y están referidos a la existencia y prevalencia de procesos activos de construcción del conocimiento, en donde el sujeto da aportes cognitivos a sus procesos de conocer, él es quien construye con lo que le ofrece su entorno, es decir, se pone el énfasis en los mecanismos de influencia sociocultural (Vigotsky), socioafectivo (Wallon), o fundamentalmente intelectuales y endógenos (Piaget). (Martínez y Zea, 2004: 72)

Resumiendo, para la concepción constructivista del aprendizaje el conocimiento es elaborado individual y socialmente por los alumnos sobre la base de interpretaciones de sus propias experiencias. Como el conocimiento no se transmite, la enseñanza entonces consiste en desarrollar experiencias que faciliten la elaboración del conocimiento. En ese sentido, el software aplicado durante esta experiencia de aprendizaje en el CUTeN, con modalidad de entorno virtual, propició la creación de actividades que contaron con una secuenciación tanto para la ejecución del modelo, como para su interpretación y desarrollo intelectual. Facilitó la participación de gran cantidad de alumnos ya que el único recurso indispensable fue contar con una computadora. El objetivo de aprendizaje de los alumnos se logró mediante la resolución de ejemplos, o la adquisición de información para la comprensión del problema y adaptación de posibles soluciones; también, las herramientas cognitivas suministradas por la experiencia favorecieron la interpretación y manipulación de los diferentes aspectos del problema; y las herramientas de conversación y colaboración permitieron a los grupos negociar y colaborar en la elaboración del significado

del problema. En suma, se contó con diferentes modalidades de prácticas y de evaluaciones.

En lo que respecta al aprendizaje significativo, se puede afirmar que “el aprendizaje implica una reestructuración activa de las percepciones, ideas, conceptos y esquemas que el aprendizaje posee en su estructura cognitiva” (Díaz-Barriga, 2002: 35, en Martínez y Zea, 2004: 77), En otras palabras, el alumno es consciente de las influencias que moldean su pensamiento; esto le permite elegir, elaborar y defender posiciones de manera crítica.

Mediante las estrategias constructivistas el alumno:

- Es el responsable de su propio proceso de aprendizaje.
- Construye el conocimiento por sí mismo.
- Relaciona información nueva con los conocimientos previos.
- Los conocimientos adquiridos en un área se potencian al relacionarse con otras tareas.
- Da un significado a las informaciones que recibe.
- La actividad del alumno se aplica a contenidos que están elaborados previamente, es decir, los contenidos son el resultado de un proceso de construcción a nivel social.
- El profesor es un orientador que guía el aprendizaje del alumno.

Evidentemente, estos postulados del constructivismo pudieron ser observables a lo largo de todo el proceso de capacitación. Si se tiene en cuenta que con la herramienta virtual el alumno tiene a su disposición, tanto durante el dictado del curso como en su ámbito privado a través de una computadora conectada a Internet, un laboratorio que le permite realizar tantas prácticas como desee, el material teórico necesario disponible en el aula virtual o mediante consultas a diferentes bibliotecas online, tutoriales virtuales o tutorías con los docentes a cargo del curso, etc. El proceso de asimilación del aprendizaje se logra gracias a contextos situados y contextualizados que conllevan una finalidad y practicidad únicas en su tipo.

Ausubel considera al alumno como un productor activo de la información y su aprendizaje es sistemático y organizado; se trata de un fenómeno complejo en el que no solamente intervienen asociaciones memorísticas, sino

que el sujeto transforma y estructura la información, se interrelaciona e interactúa con los conocimientos previos y las características personales de quien aprende. (Martínez y Zea, 2004)

Como postula (Dewey, 2004), se trata de un aprender haciendo, es decir, una conjugación de la teoría con la práctica. Dewey defendió que el aprendizaje se realiza sobre todo a través de la práctica, los niños aprenden gracias a que hacen algo, lo que supone dejar en un segundo plano pedagógico la transmisión de conocimientos. El concepto principal, entonces, es el de "experiencia".

Aprender por la experiencia" es establecer una conexión hacia atrás y hacia delante entre lo que nosotros hacemos a las cosas y lo que gozamos o sufrimos de las cosas, como consecuencia. En tales condiciones, el hacer se convierte en un ensayar, un experimento con el mundo para averiguar cómo es; y el sufrir se convierte en instrucción, en el descubrimiento de la conexión de las cosas (p. 125).

Uno de los objetivos específicos de esta investigación consistió, mediante la aplicación del "Radiation Lab", en "Diseñar un protocolo de uso del simulador de laboratorio que contemple: la descripción de los fenómenos físicos involucrados, la validación de los resultados obtenidos, el diseño de una guía para su uso adecuado y una metodología de desarrollo y seguimiento formativo de los aprendizajes esperables y sus resultados".

La secuenciación de lo actuado entonces fue como se describe a continuación; en primer lugar, se diseñó el protocolo de uso, donde se procedió a la elaboración de una guía de laboratorio que contó con instrucciones sobre el manejo del instrumento y de los diferentes elementos disponibles para la realización de la práctica; en segundo lugar, se implementó el uso de dicho simulador en una clase donde se abordaron temas referidos a física nuclear; y finalmente, se procesaron los resultados obtenidos. Se pudo constatar que la herramienta tuvo un alto grado de aceptación tanto de parte de los docentes como de los alumnos.

Los docentes valoraron por sobre todo que es una herramienta de fácil acceso, no solo por su disponibilidad sino también por sus condiciones de uso, fácil de usar y fácil de aprender su uso, aunque con un manual muy básico por

lo que en lo que a información sobre física de las radiaciones se refiere, se debió buscar información complementaria para desarrollar el tema con más profundidad.

Los alumnos destacaron principalmente sus características de Tipo de acceso al contenido y Calidad y relevancia del texto; le siguen, Calidad y relevancia de gráficos e imágenes, Calidad y relevancia del sonido y Calidad de las animaciones. Valoraron que no contenía material innecesario, pues todo lo contenido allí estuvo previamente pensado para su funcionalidad y utilidad.

Por esto se puede concluir con Cataldi y otros (2013) que el uso de las computadoras ha propiciado nuevas formas de aprendizaje para la enseñanza de las ciencias; generando, incluso, recursos didácticos a través de entornos virtuales, como laboratorios virtuales y simuladores, que brindan la posibilidad de trabajar en un ambiente de enseñanza e investigación de tipo “protegido”, y que se puede reproducir cuantas veces sea necesario hasta apropiarse de los conceptos.

3.2 Los simuladores, alternativas para el aprendizaje

En este apartado se pone en consideración la herramienta utilizada durante el dictado del curso. Se parte de la consideración de que el simulador es un principio constructivista que permite la creación de entornos de aprendizaje; donde el propio usuario ejerce el control sobre la secuencia de aprendizaje; el tiempo de dedicación es voluntario y múltiple, a la vez que el espacio se transforma pues este también llega a constituirse en decisión del usuario al poder ser trasladado con él hacia donde mejor le convenga gracias a la utilización de la computadora portátil; se constituye en herramienta fundamental para temas con contenidos complejos, resolución de problemas y tareas interpretativas, pero sobre todo, ofrece un entorno seguro para la realización de prácticas peligrosas, como el contacto con radiaciones en temas de física nuclear.

Como ya se anticipara, con la simulación se crea un modelo de un sistema real y se lleva a cabo una experiencia, la finalidad es aprender el comportamiento de dicho sistema o evaluar sus diversas estrategias de

funcionamiento. En decir, se trata de una imitación de procesos que ocurren en el mundo real, la representación de cómo opera ese sistema o proceso, recreándolo.

Entonces, los simuladores son aplicativos que representan, mediante la modelación, parte de la realidad, de esta manera se permite que los usuarios la exploren de manera progresiva, interactúen con ella y realizar inferencias, para generar nuevos aprendizajes. Es así como las herramientas informáticas permiten la creación de entornos simulados, cuya característica más funcional es el componente visual, pero además pueden contener componentes auditivos, táctiles, de movimiento y hasta olfativos.

La realidad simulada, al posibilitar la creación de experiencias similares a las de la vida cotidiana, permite repensar el contenido mismo y el conocimiento, llevando a nuevas formas de pensamiento y comprensión del mundo. (Aldrich, 2009a en Osorio Villa y otros, 2012)

Los simuladores educativos se componen de situaciones que requieren acciones consideradas básicas para el desarrollo de habilidades y competencias; estas acciones, pueden ser contextuales o cíclicas (Aldrich, 2009a). Las contextuales están basadas en el contexto y dependen de su entorno. Las cíclicas son acciones que se pueden realizar más de una vez. Pero también existen acciones más complejas como alinear tácticas y estrategias, analizar problemas, encarar conflictos, prevenir riesgos, crear nuevas acciones o procesos, engañar, estimar costos y beneficios, recopilar evidencia, planear a largo plazo, realizar mantenimiento, priorizar tareas, entre otros. (Osorio Villa y otros, 2012)

Un aspecto importante en los simuladores educativos es la motivación, la que ha sido investigada por Konetes (2010). Este autor sostiene que “las fuerzas motivacionales juegan un rol significativo en el éxito del uso de juegos virtuales y simulaciones con fines educativos” (en Osorio Villa y otros, 2012: 5)

La motivación intrínseca, es decir, el deseo interno de participar con placer y autosatisfacción, resulta más difícil de promover en las aplicaciones educativas de las simulaciones que en aquellas desarrolladas exclusivamente con fines recreativos; por ello, la motivación se convierte en un aspecto importante para lograr la participación, el progreso y la permanencia en estos

entornos. De ahí que, la comprensión de cómo actúan en los usuarios las fuerzas motivacionales es clave para el éxito de las simulaciones educativas.

Se debe tener en cuenta que las nuevas generaciones de usuarios de simuladores son los actualmente llamados nativos digitales; esto los convierte en usuarios que cuentan con mayor facilidad de uso de los simuladores educativos y que por lo tanto, experimentarían una menor frustración y un incremento en la motivación.

Otros estudios afirman también, estos nuevos estudiantes llegan con un conocimiento digital avanzado y capacidades mejoradas para asimilar los conceptos necesarios para ejecutar de manera correcta las herramientas y aprendizajes dentro de los mundos virtuales y juegos en línea, esto por la agilidad en sus mentes que les posibilita adaptarse con mayor facilidad al aprendizaje a través de simulaciones educativas, debido a su ritmo rápido, altamente visual y estimulado en su desarrollo por medios de comunicación virtuales interactivos. (Annetta et al., 2008 en Osorio Villa y otros, 2012)

Los factores intrínsecos serían un punto clave tanto para obtener resultados positivos en los estudiantes, como también, para aprovechar los diversos usos académicos de estas tecnologías en la instrucción en el aula o la educación a distancia.

En función de este aprender a hacer y aprender a conocer existen tipos de simuladores, uno de ellos es el de los laboratorios y productos virtuales; estos consisten en representar el funcionamiento de herramientas puntuales, complejas o situacionales como una cámara fotográfica, el cuerpo humano o un auto averiado. (Osorio Villa y otros, 2012)

Aldrich (2005) especifica que la interfaz de estos productos virtuales se ordena y programa representando el funcionamiento y las operaciones reales de los productos seleccionados enfocándose en la situación que recrea la utilización del producto.

Un aspecto a tener en cuenta en el ámbito académico, y sobre todo en la formación/especialización de profesionales, es que el profesional debe aprender a tomar decisiones eficientes, dentro del ámbito de la formación profesional universitario, y para ello existe una tecnología específica que permitirá lograr este objetivo: los simuladores.

Para Landow (1995), las hipermedias eran 'facilitaciones didácticas' para el aprendizaje (en Casanovas, 2005). Si las simulaciones son usadas antes de la instrucción formal ayudan a desarrollar la intuición y al desarrollo natural del proceso de aprendizaje; en cambio, si se utilizan después de la instrucción formal, permite aplicar lo aprendido o comprenderlo mejor.

Con el uso de las simulaciones se logra que los roles de los estudiantes sean cada vez más autónomos, y que los docentes sean facilitadores y orientados de la comprensión, proporcionando las oportunidades de experimentación.

En virtud de esto, el software debe contemplar, entre otros elementos, el nivel de creatividad, el diseño centrado en el usuario y su involucramiento, la integración de los conocimientos.

Para la adquisición de ciertas competencias, también resulta útil referirse a la teoría instruccional¹, pues se trata de determinar de qué manera se logra el aprendizaje verdaderamente significativo en los estudiantes, y qué elementos entran en juego para que una instrucción sea efectiva. Para mejorar la calidad de la enseñanza en todas las situaciones (Merrill, 2007, 2009) desarrolla la aplicación de los cinco principios para la instrucción:

1. **PROBLEMAS:** Las situaciones más efectivas de instrucción se basan en el planteamiento y la solución de problemas. Por ello el estudiante debe estar implicado en la resolución de problemas, tareas y situaciones del mundo real.
2. **ACTIVACIÓN:** Que se activen los conocimientos y experiencias previas relevantes del alumnado, como fundamentos para los nuevos aprendizajes de conocimientos y destrezas
3. **DEMOSTRACIÓN:** Que se demuestre qué es lo que se ha de aprender, es decir, el aprendizaje se facilita a través de la demostración del conocimiento, en lugar de la simple transmisión de información
4. **APLICACIÓN:** Que el alumnado utilice y aplique sus nuevos conocimientos y destrezas ante situaciones diseñadas en la instrucción.

¹ El modelo instruccional de David Merrill es un proceso sistemático, planificado y estructurado donde se produce una variedad de materiales educativos adecuados a las necesidades de los educandos, para asegurar la calidad del aprendizaje.

5. **INTEGRACIÓN:** Que el alumnado integre los nuevos conocimientos y destrezas en su mundo, en su quehacer diario. El aprendizaje se facilita cuando el estudiante puede demostrar, discutir su nuevo conocimiento o habilidad, y cuando puede crear, inventar o explorar nuevas formas de utilización. (Merrill, en Reigeluth, 2000)

El instrumento de la simulación (el software educativo) permite convertirse en una herramienta óptima para el aprendizaje, pues finalmente en su diseño se resuelve:

- a) la definición del problema (objetivos, preguntas a resolver),
- b) la planificación del proyecto (personal, equipos y software disponibles),
- c) la definición del sistema (límites y restricciones del problema),
- d) la formulación conceptual del modelo (diagramas de boques o flujos),
- e) el diseño experimental preliminar (nivel de abstracción, tipos de datos que se necesitan),
- f) la definición de los datos de entrada (recolectar los datos necesarios),
- g) la traducción del modelo (traducir el modelo en el lenguaje computacional),
- h) la verificación y validez del modelo (comprobar el funcionamiento del modelo y su comparación con datos reales),
- i) el diseño final del experimento (diseñar las pruebas según la pregunta buscada),
- j) la experimentación (correr el programa y realizar los análisis de sensibilidad),
- k) el análisis de los resultados (inferir las conclusiones), y
- l) la documentación (informar los resultados). (Cataldi y otros, 2013)

Se puede afirmar que a lo largo de este capítulo se ha buscado resolver de manera teórica-reflexiva todos estos aspectos desarrollados por la crítica y aplicados en la práctica por el CUTeN. Es una experiencia compartida, y se puede decir diferida, pues cuando el alumno llega a la experiencia, el entorno virtual ya está preparado para resolver el desafío individual del aprendizaje cual es adquirir y desarrollar las destrezas que le permitan la manipulación de radiaciones dentro del laboratorio y profundizar el manejo de los instrumentos

de detección de las radiaciones; resolver situaciones cada vez más complejas de aprendizaje sobre el tema; adquirir y desarrollar de manera sistemática las habilidades específicas requeridas para su formación como expertos en la manipulación de instrumentos. Todo ello ejecutado en un ambiente virtual de manipulación experimental completamente seguro, libre de riesgos, y de acceso ilimitado.

3.3 Las potencialidades del software educativo en la formación universitaria

Ya quedó establecido que la simulación es una herramienta que permite el aprendizaje de la toma de decisiones pues permite un pormenorizado estudio, análisis y evaluación de situaciones. Mediante ella se puede diseñar un modelo del sistema real, realizar experimentos con los cuales entender su comportamiento y, de esa manera evaluar las distintas estrategias operativas del sistema en estudio.

Tal el caso del simulador virtual para laboratorios de energía nuclear aplicado en un curso de Metodología y Aplicación de Radionucleidos de la UNC, donde por las características del diseño simula un modelo para aplicación en el Reactor Nuclear RA-0. A través del mismo se logró crear experiencias docentes y científicas para capacitación en temas relativos al área nuclear. Se valora esta herramienta por su característica principal de ofrecer una práctica segura con fuentes de radiación, esto porque, no hay peligro en su manipulación y permite practicar la cantidad de veces que se necesite con cero radiaciones.

En cuanto a lo económico, como ya se anticipó viene a resolver problemas administrativos, trabas de distinta índole para la adquisición de fuentes; y por sobre todo, se reducen los costos al no tener que invertir en su adquisición. Se resuelven entonces dos condiciones: la de peligrosidad y la de su alto costo.

De allí la ventaja que ofrece la simulación, que al decir de Cataldi y otros (2013), se trata de “un conjunto de ecuaciones matemáticas que modelan en forma ideal situaciones del mundo real” (p. 12).

La utilización de la realidad virtual en el proceso de aprendizaje debe regirse por los principios de la didáctica, tal como los enumeran Sepúlveda y Rajadell (2001); estos son: comunicación, actividad, individualización, socialización, globalización, creatividad, intuición y apertura. Estos principios se pueden presentar como sigue:

- Comunicación, el papel de la interacción es indiscutible, comprende desde la transmisión de las ideas hasta su comprensión real y significativa del receptor.
- Actividad, establece que para que una enseñanza sea activa debe de presentarse la condición de aprender a partir de la propia experimentación, de la propia práctica.
- Individualización, establece emplear técnicas como el estudio dirigido, el trabajo autónomo y el aprendizaje por descubrimiento.
- Socialización, diferencia un tipo de grupo básico democrático en el que se actúa desde el consenso, la responsabilidad compartida y miembros abiertos al cambio.
- Globalización, se basa en la percepción de la realidad en su conjunto.
- Creatividad, supone captar problemas, deficiencias, pequeños momentos. En la actividad creadora convergen tres factores: intelectual (la reflexión, asociación); emocional (carga afectiva); e inconsciente (inspiración).
- Intuición, equivale a la apreciación de un fenómeno basado en el efecto que este produce, en el resultado.
- Apertura, es de carácter global y equivalente a diversidad e integración.

Es decir, en lo que a educación superior se refiere, se trata de la formación de estudiantes que tendrán que saber hacer, y este hacer se logra apoyado en determinados conocimientos y el desarrollo de determinadas competencias; entendiendo por competencia el “saber actuar en contexto”, y lo que esto conlleva: la posibilidad de relacionar, interpretar, inferir, inventar, aplicar, resolver problemas, intervenir en la realidad y reflexionar sobre las acciones realizadas. (Cataldi y otros, 2013)

El pasaje de la adquisición de un conjunto de conocimientos al dominio de una competencia no es lineal, es un proceso que debe comprenderse.

El enfoque de las competencias modifica los puntos de vista convencionales sobre la forma de aprender y de enseñar, pues el aspecto central [...] no es la acumulación primaria de conocimientos, sino el desarrollo de las posibilidades que posee cualquier individuo, mediante fórmulas de saber y de saber hacer contextualizadas” (Rue, 2002 en Cataldi y otros, 2013).

Para concluir con el desarrollo de los aspectos pedagógicos asociados a los laboratorios virtuales, se realizó un cuadro donde se exponen los puntos fundamentales referidos a la conceptualización ya abordada en el presente capítulo.

Siguiendo a Amaya Franky (2009), se pueden resumir los siguientes aspectos indicados en el ANEXO, Encuesta realizada para los Alumnos

Tabla N° 8: Conceptos pedagógicos.

Como se puede ver, las teorías pedagógicas y la tecnología educativa se unen para conformar un conjunto de principios y normas de enseñanza y aprendizaje con orientación hacia la práctica.

Capítulo 4

Protocolo

En el presente capítulo se desarrollan los procesos para la construcción del protocolo, la implementación del uso teórico-práctico del software y la descripción de los resultados de laboratorio para ser analizado según el marco teórico expuesto en el capítulo 2 (objetivos 1.2.1, 1.2.2 y 1.2.3).

4.1 Introducción

Una afirmación común de los diferentes autores que se dedican a la investigación de la educación es que las personas tienen ritmos de aprendizaje diferentes y, más aún, sus necesidades de aprendizaje son diferentes. Motivo por el cual se avanzó en la utilización de un medio, la simulación, para proveer el espacio de aprendizaje.

Constituye una verdadera necesidad que si se presenta una herramienta como el simulador virtual para laboratorios de enseñanza de energía nuclear, deba presentarse, también, para su correcto uso, un protocolo.

Básicamente, un protocolo es un reglamento o una serie de instrucciones que se fijan atendiendo a un conjunto de especificaciones relacionadas con su finalidad.

La palabra proviene del latín tardío, *protocollum* “primera hoja de un volumen” (en la que figura el contenido y erratas); y este, del griego bizantino, πρωτόκολλον *prōtókollon*, donde, πρωτός (*prōtos*, “primeros”) y [κόλλα](#) (*Kōlla*,

“pegamento”) (RAE, 2017). Entonces, una acepción general del término es norma, directriz.

También, la RAE (2017) enumera las siguientes acepciones para protocolo:

1. m. Serie ordenada de escrituras matrices y otros documentos que un notario o escribano autoriza y custodia con ciertas formalidades.
2. m. Acta o cuaderno de actas relativas a un acuerdo, conferencia o congreso diplomático.
3. m. Conjunto de reglas establecidas por norma o por costumbre para ceremonias y actos oficiales o solemnes.
4. m. Secuencia detallada de un proceso de actuación científica, técnica, médica, etc.
5. m. Inform. Conjunto de reglas que se establecen en el proceso de comunicación entre dos sistemas. (RAE, 2017)

Según estas opciones y para especificar en el marco de actuación del presente trabajo de investigación, se puede definir un protocolo como un documento o una normativa que establece cómo se debe actuar en ciertos procedimientos. En ese sentido entonces, a través de un protocolo se recopilan aquellas conductas, acciones y técnicas que se consideran adecuadas y pertinentes ante ciertas situaciones.

El presente capítulo se organiza en torno a la presentación del diseño del protocolo de uso del simulador, también, abarca aspectos teóricos necesarios para la comprensión de los fenómenos físicos.

Finalmente, se plantean los siguientes objetivos del capítulo:

- Diseñar una guía de laboratorio con instrucciones sobre el manejo del instrumento y de los diferentes elementos disponibles para la realización de la práctica.
- Implementar el uso del simulador en una clase donde se aborden temas referidos a física nuclear.
- Procesar los resultados obtenidos verificando los conceptos teóricos abordados.

4.2 Teoría sobre la Física de las Radiaciones

Los átomos se comportan como sistemas solares en miniatura: un pequeño "sol", el núcleo, está rodeado por los "planetas" orbitales llamados electrones. El núcleo tiene tan solo la cienmilésima parte del tamaño del átomo, pero es tan denso que contiene casi toda su masa. Es, generalmente, un conglomerado de partículas que se mantienen estrechamente unidas. Algunas de estas partículas tienen una carga eléctrica positiva y se llaman protones. El número de protones determina el elemento químico al que pertenece el átomo; un átomo de hidrogeno tiene un solo protón; un átomo de oxígeno tiene 8, y un átomo de uranio, 92. Cada átomo tiene el mismo número de electrones orbitales que de protones. Los electrones están cargados negativamente y por ello se neutralizan con los protones, cargados positivamente. Como resultado el átomo no es eléctricamente ni positivo ni negativo, sino neutro. El resto de las partículas en el núcleo se denominan neutrones porque no tienen carga eléctrica. Estas partículas tienen, aproximadamente, la misma masa que los protones y son importantísimas desde el punto de vista de la Ingeniería Nuclear.

De acuerdo a ese modelo, en el que se concibe al átomo integrado por un núcleo rodeado de una nube de electrones, el núcleo puede ser representado como un empaquetamiento fuertemente enlazado de protones y neutrones.

Estas partículas tienen las siguientes características:

	Representación	Masa (uma)	Carga en reposo
Protón	<i>p</i>	1,007276	+1
Neutrón	<i>n</i>	1,008665	0
Electrón	<i>e</i>	0,0005486	-1

Tabla N° 2: Tabla de masas

La unidad de masa empleada fundamentalmente para expresar la masa de los átomos es la Unidad de Masa Atómica (uma).

Los átomos existentes en la naturaleza pueden concentrarse en dos grupos Estables e Inestables. Los Estables son aquellos que no cambian espontáneamente en el tiempo. Los átomos Inestables pierden su identidad al

transformarse en otros. También hay algunos núcleos inestables en la naturaleza, todos los que tienen número atómico mayor que 83 (Radio-226, Thorio-228) y algunos otros con número atómico menor (Vanadio-50, Potasio-40, Rubidio-87, Samario-147, Plomo-204, Plomo-210).

Actualmente se conocen alrededor de 1500 núcleos diferentes de los que cerca de 300 son estables. Los isótopos que tienen una relación neutrones/protones mayor o menor al “cinturón de estabilidad” son inestables en el sentido que pueden emitir espontáneamente partículas o radiación, modificando la naturaleza o el estado de los núcleos de sus átomos. Este proceso de emisión se llama desintegración radiactiva y el fenómeno, **radiactividad**.

La desintegración radiactiva responde a las leyes estadísticas y sus propiedades son independientes de cualquier influencia del entorno, tales como presión, temperatura, campos eléctricos o magnéticos y reacciones químicas. Para precisar más, es una propiedad característica de cada nucleído en particular. Se suele denominar nucleído o núclido, al núcleo estudiado en estos tratamientos sin hacer referencia al átomo del que forma parte.

En cada desintegración radiactiva el núcleo pierde, aproximadamente, una milésima parte de su masa en forma de radiación. Algunos núcleos, mediante una sola desintegración, alcanzan la estabilidad, se transforman en núcleos estables; otros necesitan sufrir sucesivas desintegraciones. Puesto que la transformación de los núcleos va acompañada de emisión de radiaciones, a los núcleos inestables se los llama también núcleos radiactivos. Los núcleos se pueden desintegrar por distintos mecanismos, emitiendo en cada caso distintos tipos de radiaciones o partículas (alfa, beta, neutrinos, radiaciones electromagnéticas, neutrones).

El tiempo que debe transcurrir para que un número estadísticamente significativo de átomos se reduzca a la mitad, se llama Período de Semidesintegración (T). En general, puede afirmarse que existen tantos períodos diferentes como nucleídos activos naturales o artificiales existen. En nuestro ejemplo, el Iodo-131 tiene un período de semidesintegración de 8,02 días.

Los trabajos de Becquerel, Pierre y María Curie y Rutherford entre 1896 y 1907, demostraron no solo la existencia de la transformación espontánea

llamada desintegración, sino también que había radiaciones que tenían distinto poder de penetración.

Los Rayos α son radiaciones de poca penetración, son absorbidas por una hoja de papel o una delgada lámina metálica, en cambio los Rayos β (tanto las β^- como las β^+) son más penetrantes y para su absorción es necesario utilizar placas metálicas de regular espesor. Se comprobó que estos rayos, que podían ser desviados por un campo magnético, son de naturaleza corpuscular. Más tarde se reconoció que las partículas son núcleos de helio y que las partículas son electrones. El otro tipo de radiación, los Rayos que no se desvían en presencia de un campo magnético, fueron identificados con la emisión de radiación electromagnética o fotones.

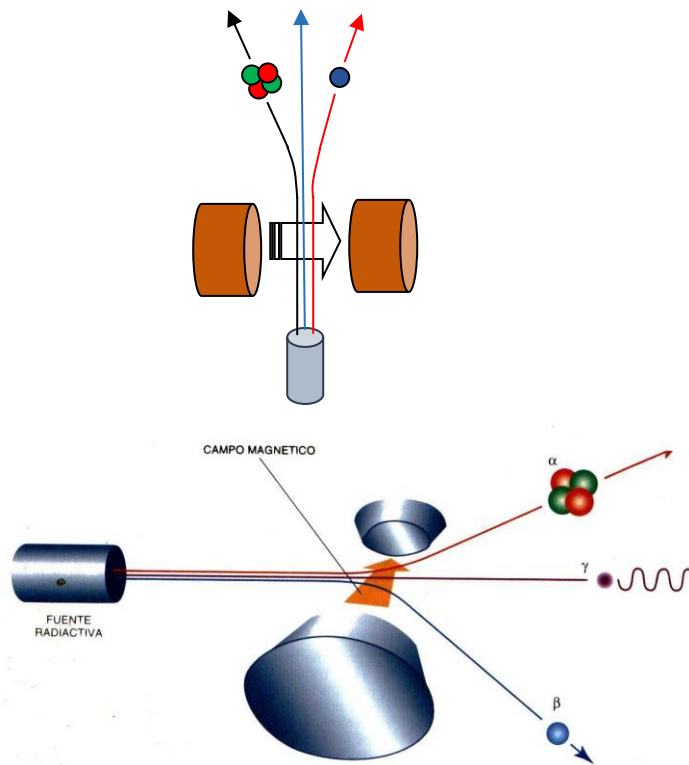


Figura N° 1: Desviación en el campo magnético

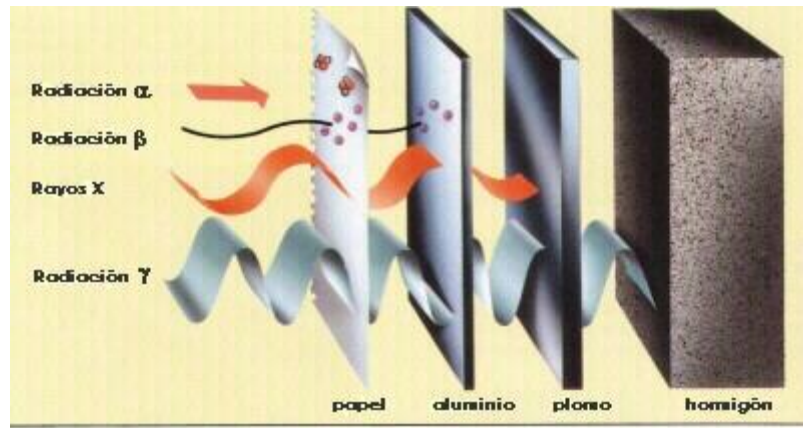


Figura N° 2: Frenado de la radiación en diferentes materiales

4.2.1 Localización de la radiación

En forma práctica podemos usar un detector tipo Geiger Muller para localizar la radiación e investigar algunas de sus propiedades.

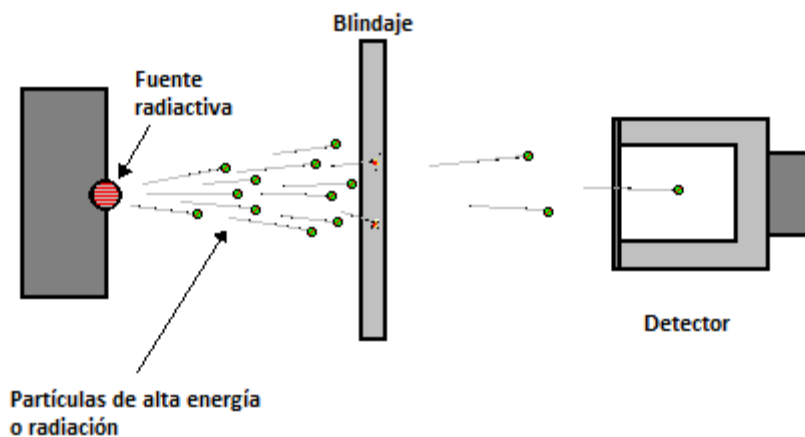


Figura N° 3: Fuente y detector

La Figura N° 3 muestra la radiación emitida por una fuente radiactiva. La radiación pasa a través del material blindante que bloquea la trayectoria de algunas de las partículas. Las partículas restantes viajan a golpear el detector donde se cuenta su llegada.

En el experimento se puede cambiar el **tipo de fuente** radiactiva que utilizamos, **la distancia entre la fuente y el detector**, así como el **material de blindaje**. Cada uno de ellos afectará la forma en que se detecta la cantidad de

radiación. La edad de una sustancia radiactiva también afectará a su radiactividad.

4.2.2 Tipo de radiaciones

Hay 3 tipos de radiaciones: alfa, beta y gamma consideradas en este trabajo.

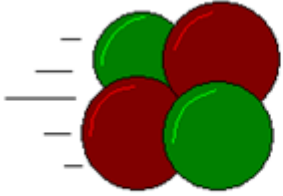


 <p style="text-align: center;">Alpha</p>	 <p style="text-align: center;">Beta</p>	 <p style="text-align: center;">Gamma</p>
<p>2 neutrones y 2 protones</p> <p>Relativamente lentos (25km/seg)</p> <p>Pesados (4 unidades de masa atómica)</p>	<p>Un electrón</p> <p>Rápidos (200 km/seg)</p> <p>Livianos (1850 de una uma)</p>	<p>Una onda electromagnética</p> <p>Velocidad de la luz (300 km/seg)</p> <p>Sin masa</p>

Figura N° 4: Tipo de radiaciones

Cada tipo de radiación se diferencia en la composición, la masa y la velocidad. Cada una de ellas es frenada por diferentes blindajes.

La radiación se origina en el núcleo atómico. Núcleos radiactivos son inestables. Pueden someterse a un acontecimiento espontáneo llamado una desintegración nuclear. Cuando esto ocurre la radiación se emite desde el núcleo. La velocidad de desintegración nuclear puede ser muy rápida o lenta. Cada tipo de núcleo atómico emite uno o más tipos de radiación. Las tres fuentes utilizadas en este experimento emiten principalmente cada uno de los tres tipos principales.

4.2.3 La distancia entre la fuente y el detector

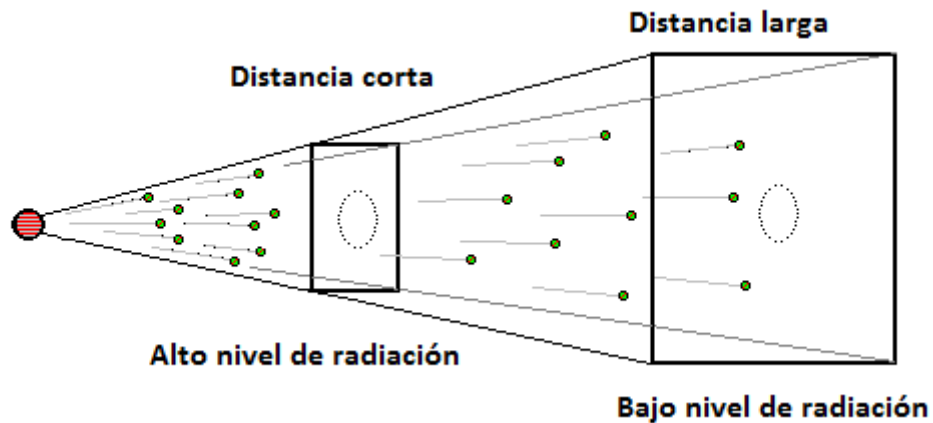


Figura N° 5: Distancia Fuente y Detector

Como la radiación se extiende desde la fuente y hay menos posibilidades de una partícula de golpear el detector. Por lo tanto, el recuento del detector caerá.

Matemáticamente, el recuento disminuye con la distancia al cuadrado - este tipo de atenuación se llama ley del inverso del cuadrado.

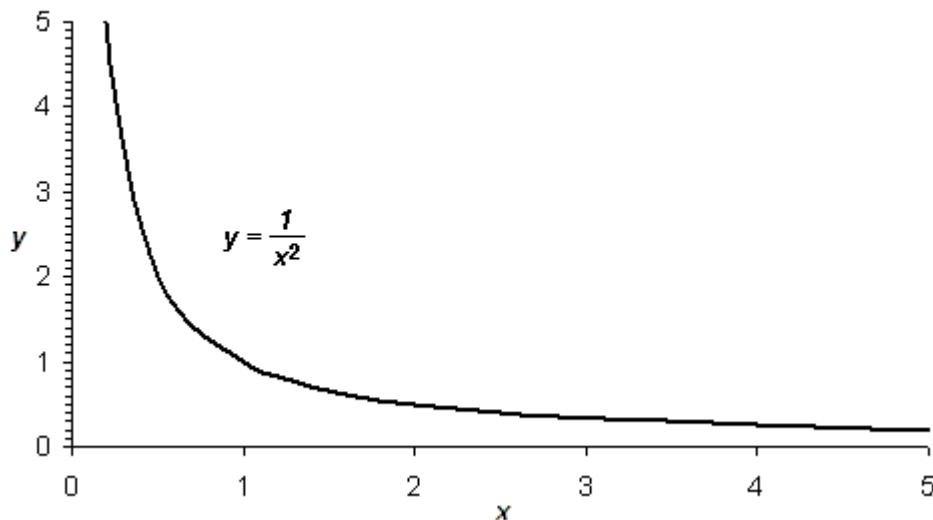


Figura N° 6: Ley del inverso del cuadrado

4.2.4 Material de blindaje

Cuando las partículas de radiación viajan a través de una sustancia, pueden chocar con los átomos y ser detenidas. La radiación es absorbida por la sustancia de blindaje. La probabilidad de absorción es diferente de alfa, beta y radiación gamma y depende del tipo y grosor del material.

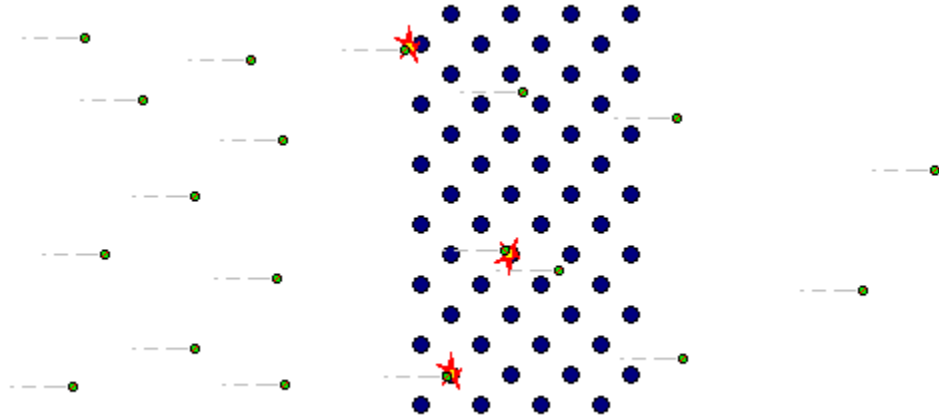


Figura N° 7: Material de blindaje

Sustancias muy densas, como el plomo, absorben mucho más que sustancias menos densas, como la madera o el plástico.

Cuanta más gruesa sea la sustancia, se absorbe más la radiación. La forma matemática de esta absorción se llama decaimiento exponencial.

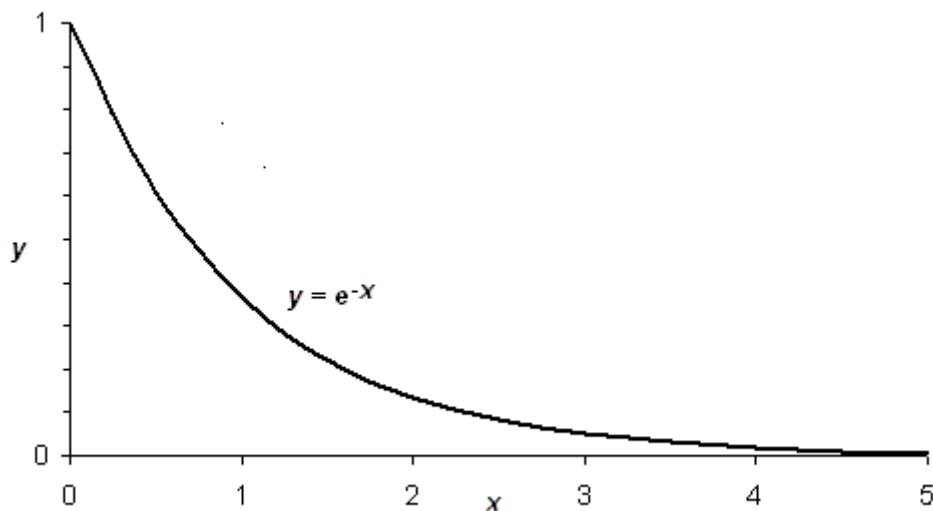


Figura N° 8: Decaimiento exponencial

La fuente alfa en este experimento también será detenida por el aire entre la fuente y el detector. Cada molécula de aire con que la partícula alfa choca no es capaz de detenerla por su cuenta, pero se desacelerará ligeramente hacia abajo. Después de una distancia característica (la distancia de frenado) las partículas alfa se detendrán por completo. Esta distancia es

específica para cada fuente particular y depende de la energía cinética con que la partícula alfa sale del núcleo, que puede variar desde unos pocos milímetros a varios centímetros. Las partículas beta también son detenidas a una cierta distancia en aire, pero esto no se modela en este experimento.

Cada una de ellas afectará la forma en que se detecta la cantidad de radiación. La edad de una sustancia radiactiva también afectará a su radiactividad.

4.2.5 Tiempo de decaimiento de la radiactividad

Una sustancia radiactiva se compone de núcleos inestables. En cualquier momento, una pequeña proporción de los núcleos inestables decaerá en un núcleo estable dando como resultado la radiación.

A medida que el número de núcleos inestables restantes reduce con el tiempo, también lo hace la tasa que la descomposición tiene lugar. La forma matemática de este decaimiento es un decaimiento exponencial.

En cada período fijo de tiempo disminuye a la mitad de su valor. El tiempo que tarde se llama período de semidesintegración. Una sustancia con un período corto se deteriorará rápidamente. Una sustancia con período largo decaerá lentamente.

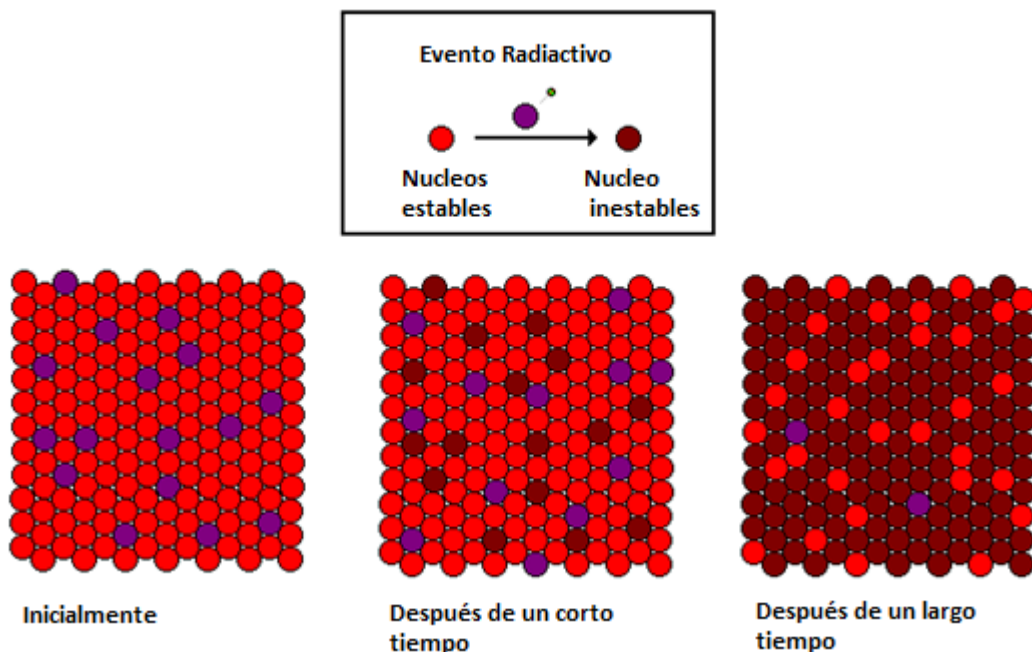


Figura N° 9: Evento Radiactivo

Las tres sustancias radiactivas usadas en este simulador tienen muy largo período de semidesintegración, por lo que su disminución de la radiación no va a cambiar mucho en el transcurso del experimento. Sin embargo, la fuente de protactinio del tubo de ensayo tiene un período corto y es posible observar el decaimiento en unos pocos minutos.

4.3 Manejo del simulador Radiation LAB

Para realizar una enseñanza básica de detección de radiación y su medición en laboratorio, resulta necesario contar con fuentes de rayos gamma, beta, alfa y de neutrones; también, por lo menos, un detector para cada tipo de radiación, más la instrumentación nuclear complementaria indispensable para llevar a cabo los experimentos.

Para superar dificultades de accesibilidad se emplea el software Radiation Lab.

Para un correcto uso se proponen, en primer lugar, los conceptos básicos para conocer el instrumento; en segundo lugar, las indicaciones correspondientes para el manejo en simulación de experimentos; y finalmente, las referencias necesarias para dejar constancias de los experimentos.

4.3.1 El software Radiation Lab

El software Radiation Lab es una licencia GPL, de código abierto; es un software libre, y resulta una solución fácil de usar para la detección de la radiación y la educación de medición.

Es flexible y permite crear experimentos eligiendo entre diversas fuentes, detectores e instrumentos. Originalmente fue diseñado para ser utilizado como medio de enseñanza de nivel universitario, por eso cuenta con un gran número de variables para atender a los cuatro mediciones.

4.3.2 Descripción del software Radiation Lab

Al ser una simulación interactiva de un experimento de radiactividad, el Radiation Lab se conforma con las siguientes partes:

1. Fuente de alimentación
2. Medidor de actividad
3. Contador de eventos
4. Fuente radiactiva
5. Escudo
6. Tubo GM
7. Cajas de alfa, beta y gamma de fuentes radiactivas
8. Caja de materiales para alojar blindaje

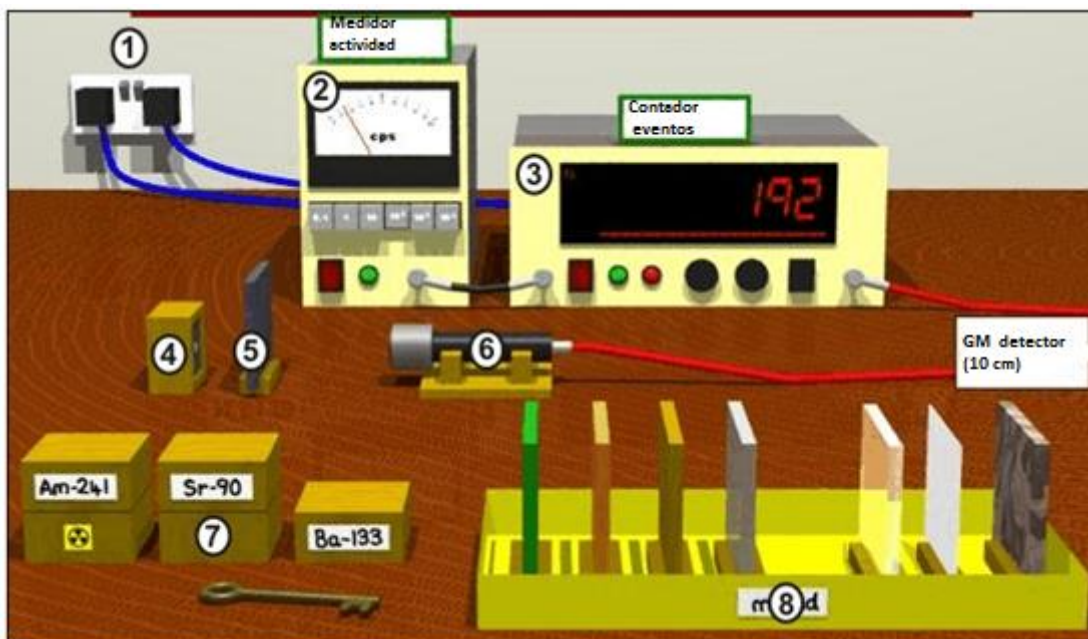


Figura N° 10: Elementos del Radiation Lab (Fuente: Radiation Lab)

4.3.2.1 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación o fuente de poder es el instrumento que transforma la corriente alterna en una o varias corrientes continuas o directas, las cuales son utilizadas para alimentar los diferentes aparatos electrónicos.

4.3.2.2 Medidor de actividad

El medidor monitorea el nivel de radiactividad y muestra una lectura de la misma. Cuando el medidor es encendido con un clic, se puede escuchar cada evento radiactivo detectado. La pantalla analógica muestra el número de cuentas por segundo. La escala se puede ajustar seleccionando el botón de selección de ganancia adecuado.

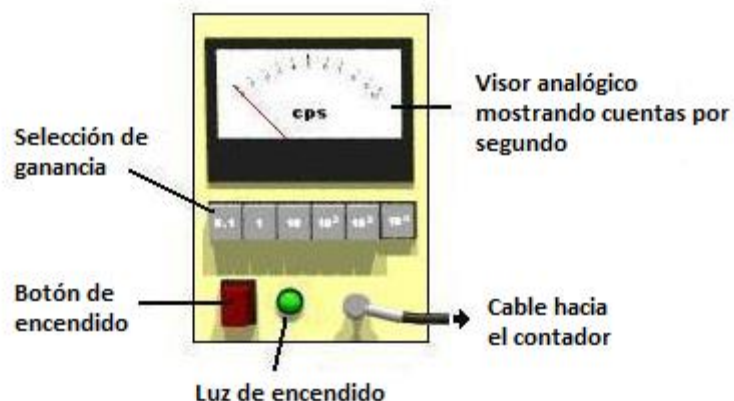


Figura N° 11: Medidor de actividad (Fuente: Radiation Lab)

4.3.2.3 Contador de eventos

El contador de eventos radiactivo registra el número de eventos de radiactividad ocurridos durante un período de recogida.



Figura N° 12: Contador de eventos (Fuente: Radiation Lab)

4.3.2.4 Fuente radiactiva

La fuente radiactiva del Radiation Lab es la indicada en la Figura N° 13 siguiente:



Figura N° 13: Fuente radiactiva (Fuente: Radiation Lab)

4.3.2.5 Escudo

El escudo del radiation lab es el indicado en la Figura N° 14:



Figura N° 14: Escudo (Fuente: Radiation Lab)

Para el caso particular del software Radiation Lab, el escudo, también denominado blindaje, es el que bloquea la radiación.

4.3.2.6 Tubo GM

Detecta la radiación. El tubo del detector se puede mover de izquierda a derecha por la pantalla para fijar la distancia entre la fuente y el detector.



Figura N° 15: Tubo GM (Fuente: Radiation Lab)

4.3.2.7 Cajas de alfa, beta y gamma de fuentes radiactivas

Para el caso particular del software Radiation Lab, esta se compone de las siguientes fuentes radiactivas:

Americio: Am 241 período: 432,2 años: emisor alfa

Estroncio: Sr 90 período 28,78 años: emisor beta

Bario: Ba 133 período 10,51 años: emisor gamma

Pa: Protactinio234m período 1,17 minutos: emisor beta



Figura N° 16: Cajas de fuentes radiactivas (Fuente: Radiation Lab)

4.3.2.8 Caja de materiales para blindaje

Los blindajes del Radiation Lab son Plástico, Cobre, Madera, Aluminio, Plomo, Vidrio, Papel, Piedra.

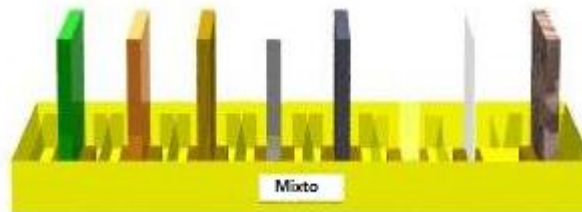


Figura N° 17: Caja de materiales para blindaje (Fuente: Radiation Lab)

4.3.3 Distancia entre la fuente y el detector

La intensidad de la radiación disminuye con la distancia, d , de acuerdo con la ley del inverso del cuadrado.

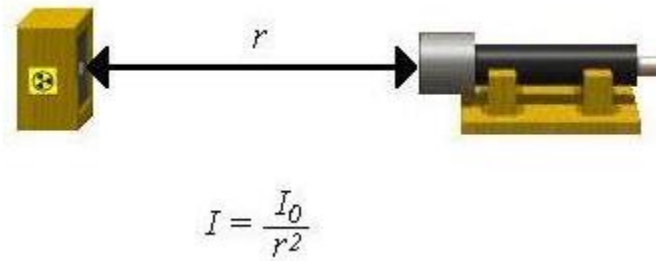


Figura N° 18: Distancia Fuente-Detector (Fuente: Radiation Lab)

4.3.4 Espesor de Material de blindaje

La intensidad de la radiación disminuye exponencialmente con el grosor del escudo. La constante de desintegración dependerá del material utilizado y el tipo de radiación.

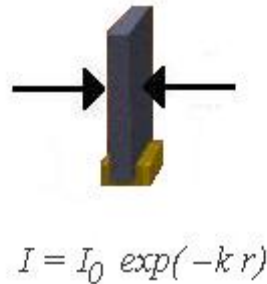


Figura N° 19: Intensidad de radiación en función del espesor de blindaje (Fuente: Radiation Lab)

Con la radiación alfa, y para una radiación beta, actuará como un escudo. La radiación será de corte después de una distancia de frenado característico. La radiación gamma es casi independiente de aire.

4.3.5 Decay Time

La intensidad de la radiación disminuirá a medida que pasa el tiempo. El tiempo necesario para que la mitad de los núcleos radiactivos decaigan se llama la vida media. La fuente protactinium tiene una corta vida media de alrededor de un minuto. Las otras fuentes son de mucho más tiempo medio. La forma matemática del modelo empleado es del tipo de un decaimiento exponencial.

4.3.6 Eficiencia de Detección

En un evento radioactivo, para ser registrada la radiación ésta debe colisionar con una molécula de gas en el interior del detector. Cuando esto sucede, la molécula ioniza permitiendo que una corriente eléctrica fluya fácilmente, la que se ha registrado en por un contador.

Los rayos gamma son tan penetrantes que generalmente no son detectados directamente a través del detector, solo causando una ionización alrededor del 5% de las veces. Debido a esto, la intensidad real de la radiación gamma será muchas veces mayor que el número de rayos gamma detectados en la realidad.

4.3.7 Detector de saturación

Después de que se registra un evento radioactivo, hay un período muy breve de tiempo, denominado tiempo muerto, durante el cual el detector es ciego (no detecta); debe ocurrir otro evento (aproximadamente 0,1 ms) para su detección. El efecto de esto es que cuando la tasa de recuento se eleva por encima de aproximadamente 1000 cuentas por segundo, la eficiencia del detector comienza a disminuir; como el tiempo entre las partículas que llegan no es mucho más que el tiempo muerto, dos o más eventos a menudo se cuentan como uno.

4.3.8 Detector de voltaje

Una alta tensión se mantiene en el interior del detector. Esto es para que cuando una molécula de gas es ionizada por la radiación entrante, se tira rápidamente a uno de los electrodos, donde su llegada desencadena la señal eléctrica.

Si la tensión es demasiado baja (por debajo de 900V), los iones no llegan al electrodo y la eficiencia del detector caerá.

Si la tensión es demasiado alta (por encima de 1200 V), algunas de las moléculas del gas se ionizan espontáneamente dando una fuerte señal de fondo que puede inundar la señal real.

4.3.9 Estadísticas

La radiactividad es un evento completamente al azar, no afectado por la temperatura, la presión o cualquiera de otros factores externos, es imposible predecir cuándo ocurrirá un evento. Sin embargo, si los eventos radiactivos se cuentan durante períodos fijos de tiempo, el número de eventos sigue estadísticas predecibles.

Conteos pequeños siguen la distribución de Poisson. En un recuento mayor, las estadísticas tienden hacia la distribución Gaussiana, donde la desviación estándar es la raíz cuadrada del número de eventos.

La radiación beta se simula de la siguiente manera, Figura N° 20:



Figura N° 20: Tubo de ensayo (Fuente: Radiation Lab)

Una muestra reciente de protactinio se disuelve en un tubo de ensayo con un disolvente. La actividad de esta muestra se desintegra a los pocos minutos, por lo que debe ser utilizada inmediatamente. Se emite radiación beta. El Protactinio ^{234m}Pa es una sustancia radioactiva de corta duración con una vida media de alrededor de un minuto.

Para preparar la muestra de ensayo simulado en tubo se emplean unos pocos gramos de polvo de uranio-238 que se disuelven en ácido clorhídrico concentrado. La solución se agita a continuación, con un poco de hexanona (un disolvente orgánico). El protactinio se mueve fuera del ácido en el hexanona, mientras que el uranio permanece en el ácido.

El protactinio encontrado en el uranio es un producto de la desintegración radiactiva en sí. El Uranio-238 emite una partícula alfa y se convierte en Torio-234. Este átomo luego libera una partícula beta para convertirse en Protactinio 234m. A medida que estas dos reacciones dan un suministro lento y constante -así que siempre hay una pequeña cantidad de protactinio efímera que se puede extraer, a pesar de que no dura mucho tiempo una vez sola en el tubo de ensayo.

4.3.10 Resultados

Todos los resultados del contador de eventos se registran en la hoja de cálculo. Esto se puede ver haciendo clic en el botón View (en la columna de la izquierda). El botón Copy transfiere la hoja de cálculo en el portapapeles. Para guardar la hoja de cálculo como un archivo CSV (compatible con MS Excel), pulse el botón Guardar. Al presionar Clear quita resultados anteriores para dejar una hoja de cálculo en blanco.

4.4 Metodología de trabajo

Todos los resultados del contador de eventos se registran en la hoja de cálculo. Esto se puede ver haciendo clic en el botón View (en la columna de la izquierda de la barra de herramientas de la Figura N° 21). El botón Copy transfiere la hoja de cálculo en el portapapeles. Para guardar la hoja de cálculo como un archivo CSV (compatible con MS Excel), pulse el botón Guardar. Al presionar Clear quita resultados anteriores para dejar una hoja de cálculo en blanco.

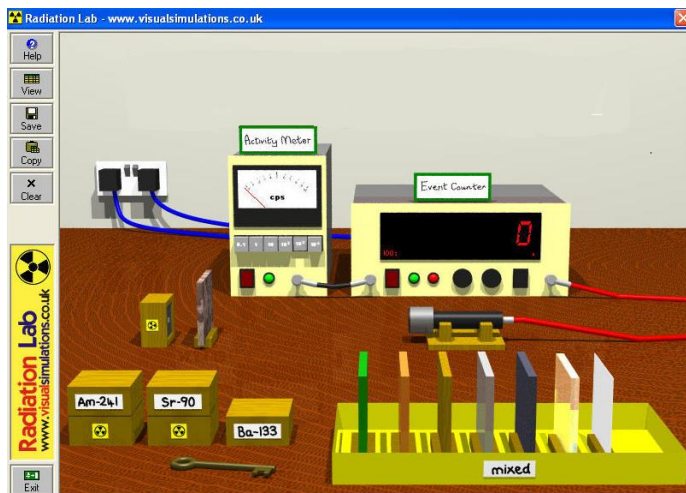


Figura N° 21: Entorno de trabajo (Fuente: Radiation Lab)

4.4.1 Planificación de la Investigación en el aula

Toda investigación comienza cuando se plantea un problema que la ciencia debe responder. Una correcta planificación permite asegurar el logro de los objetivos propuestos y obtener resultados contruidos a través de un proceso científico, lógico y ordenado.

Un experimento en el laboratorio es un procedimiento mediante el cual el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en un determinado proceso bajo investigación. Las distintas formas de realizar un experimento son conocidas como protocolo de investigación. En términos generales se refiere a “realizar una acción” y luego observar sus consecuencias. (Hernández Sampieri, 2006)

Las preguntas-problema conducen la investigación hacia los fines que se desea, en ese sentido, estas serían del orden de: ¿Qué es la radiactividad?, ¿Cómo se detecta la radiactividad?, ¿Qué factores afectan la detección de eventos radiactivos?

Si, puntualmente, el asunto es ¿Qué voy a investigar?, corresponde decidir si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué lo hacen. La variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la variable independiente tiene sobre ella.

En resumen, la variable independiente es la supuesta causa y la variable dependiente es el supuesto efecto.

Las variables independientes son las siguientes:

1. Distancia entre el detector y la fuente
2. Espesor de material de blindaje
3. El tipo de material de blindaje
4. Tipo de fuente radiactiva (alfa, beta o gamma)
5. Tensión del detector [no recomendada su variación]

La variable independiente será establecida cada vez que se inicie un proceso de estudio en el laboratorio simulado.

La variable dependiente (la variable que se mide) siempre va a ser el número de eventos radiactivos contados. Sin embargo, se puede controlar el período de tiempo durante el cual se cuentan los acontecimientos. Se recomienda mantener el valor predeterminado de 10 segundos.

Ahora, predecir cómo cambiará la variable dependiente cuando cambie la independiente y justificar con los conocimientos propios de los conceptos de la radiactividad será objetivo de los laboratorios propuestos.

4.4.2 Recopilación de datos virtuales

Se planifica introducir el software Radiation Lab en clases de laboratorios de energía nuclear y afines realizando experimentos virtuales propuestos a la vez que investigar los diferentes parámetros que se pueden modificar con el software, armar el correspondiente laboratorio y justificar los resultados observados.

Se propone modificar las variables independientes y registrar nuevamente los resultados obtenidos. Es importante recalcar cada concepto teórico esperado en la simulación y el correspondiente resultado práctico.

4.4.3 Análisis de la Evidencia

Radiation Lab permite transferir los datos a una hoja de cálculo. Esto puede conseguirse pulsando el botón Copiar de la pantalla principal del software. Es posible dejar las columnas necesarias de datos, de modo que lo que queda es una tabla con sólo dos columnas - la variable independiente de la

izquierda y la variable dependiente a la derecha, según se muestra en la Tabla N° 3

Distance (cm)	Count
10	4770
15	2221
20	1249
25	816

Tabla N° 3: Datos de distancia y conteo

A partir de estos datos, se puede trazar un gráfico. Si los datos son continuos (por ejemplo, con la variación de distancia o el espesor del blindaje) éste puede ser un gráfico de líneas. Si los datos obtenidos son discretos (por ejemplo, tipo de fuente radiactiva) se puede emplear un gráfico de barras.

4.4.4 Llegar a una conclusión

Es necesario explicar cualquier tendencia que se ve en la tabla o gráfico, respondiendo preguntas como ¿El conteo va hacia arriba o hacia abajo? ¿La gráfica es una línea recta o una curva? ¿Se hizo el partido de análisis con la predicción? ¿Puede explicar los datos utilizando su conocimiento de la radiactividad?

La conclusión realizada por parte del alumno es fundamental para el proceso de aprendizaje.

4.4.5 Evaluación de la Investigación

Para la presentación de los resultados, el análisis de la investigación llevada a cabo por el estudiante debe incluir respuestas a conceptos como los que se proponen a continuación:

- Evalúe qué tan bien funcionó la investigación.
- ¿Elegió las variables correctas?
- ¿Fue una prueba justa o presente errores?

- ¿Podría analizar con éxito sus resultados?
- ¿Cómo podría haber mejorado su colección de datos?
- ¿Qué otros experimentos virtuales podrían haber realizado?

4.5 Práctica de Laboratorios

La práctica de laboratorio es una forma organizativa que persigue objetivos instructivos fundamentales; con ella los estudiantes adquieren las habilidades propias de los métodos de la investigación científica, profundizan, realizan y comprueban los fundamentos teóricos de la asignatura mediante la experimentación, y se garantiza el trabajo individual en la ejecución de la práctica.

La práctica de laboratorio tiene tres momentos:

1. La preparación previa, se desarrolla fundamentalmente sobre la base del estudio teórico que fundamenta dicha práctica, así como el estudio de las técnicas de los experimentos correspondientes.
2. El desarrollo, se caracteriza por el trabajo de los estudiantes con el material de laboratorio (instrumentos, aparatos, y reactivos), la reproducción de los fenómenos deseados, el reconocimiento de los índices característicos de su desarrollo, la anotación de las observaciones, entre otros.
3. Las conclusiones, el estudiante debe analizar los datos de la observación y arribar a las conclusiones y generalizaciones que se derivan de la práctica en cuestión.

A continuación, se presentan las guías de laboratorio propuestas correspondientes a las prácticas con el detector Geiger Müller del Radiation Lab.

Los objetivos que se persiguen son:

- Investigar la variación de la velocidad de contaje según la diferencia de potencial aplicada a un detector Geiger Müller, para elegir la tensión de trabajo del mismo.

- Comprobación de la ley inversa del cuadrado.
- Observar la variación en la velocidad de conteo al interponer blindajes.
- Observar el decaimiento temporal de una fuente radiactiva.

4.5.1 Guía de Laboratorio N° 1: Tensión de Trabajo de un detector Geiger Müller

4.5.1.1 Instrumentación

Se emplearán los siguientes elementos del Radiation Lab de Figura N° 22:

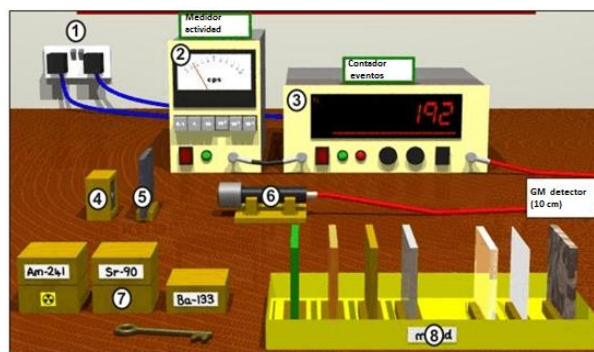


Figura N° 22: Elementos del Radiation Lab (Fuente: Radiation Lab)

1. Fuente de alimentación
2. Medidor del nivel de radiactividad
3. Contador de eventos
4. Fuente radiactiva
5. Blindaje
6. Detector de radiación
7. Caja de Fuentes radiactivas
8. Caja de blindajes

4.5.1.2 Fuentes Radiactivas

Se emplearán las siguientes fuentes radiactivas:

Americio: Am 241 período: 432,2 años - emisor alfa

Estroncio: Sr 90 período 28,78 años - emisor beta

Bario: Ba 133 período 10,51 años - emisor gamma

Pa: Protactinio234m período 1,17 min - emisor beta

4.5.1.3 Funcionamiento del equipo

Todo el funcionamiento del experimento se realiza utilizando el puntero del ratón y el botón izquierdo del clic o arrastre. Se mueve el cursor sobre un equipo para mostrar un mensaje de ayuda emergente. Si el equipo no se enciende, se debe verificar el estado de los interruptores de alimentación, Figura N° 23:



Figura N° 23: Encendido y apagado de equipos (Fuente: Radiation Lab)

Primero se debe poner la fuente radiactiva en su lugar, haga clic en una de las tres cajas. Para cambiar las fuentes, haga clic en la llave de latón.

La fuente radiactiva primero se debe poner en su lugar, haga clic en una de las tres cajas. Para cambiar las fuentes, haga clic en la llave.



Figura N° 24: Fuentes radiactivas (Fuente: Radiation Lab)

El blindaje puede ser puesto en marcha mediante la selección de la caja. Para cambiar el blindaje a uno de otros espesores, haga clic en el frente de la caja, Figura N° 25.

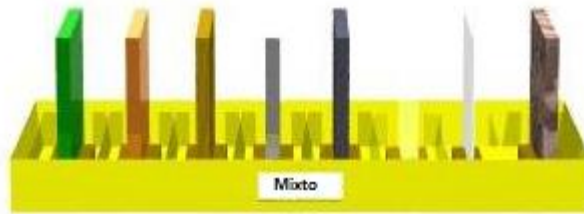


Figura N° 25: Caja para blindajes (Fuente: Radiation Lab)

El tubo del detector se puede mover a izquierda y derecha por la pantalla para fijar la distancia entre la fuente y el detector, Figura N° 26.



Figura N° 26: Variación de distancia (Fuente: Radiation Lab)

Para registrar una cuenta, simplemente haga clic en el botón cuadrado negro del contador de eventos, Figura N° 27.



Figura N° 27: Registración de cuentas (Fuente: Radiation Lab)

Cuando el medidor de actividad es encendido con un clic (botón de encendido, Figura N° 28) se puede escuchar cada evento radiactivo detectado. La pantalla analógica muestra el número de cuentas por segundo. La escala se puede ajustar pulsando el botón de selección de ganancia adecuado.

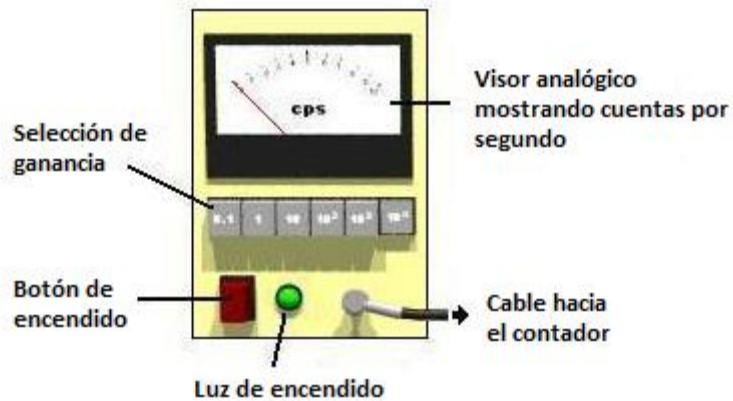


Figura N° 28: Medidor de Actividad (Fuente: Radiation Lab)

El contador de eventos radiactivo, Figura N° 29, registra el número de eventos durante un período determinado.

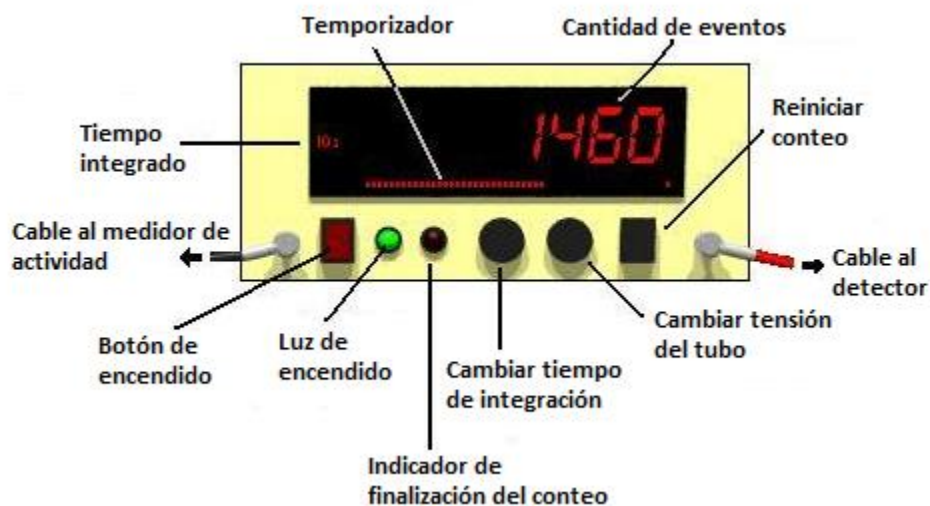


Figura N° 29: Contador de eventos (Fuente: Radiation Lab)

Para iniciar una medición, pulse el botón de reinicio conteo. La pantalla del contador de evento muestra el aumento con cada detección. El temporizador se detendrá después de un período fijo de tiempo (por defecto 10 segundos) y una luz roja se encenderá, el período de tiempo se puede ajustar haciendo clic en el botón de tiempo de integración del cambio.

En una Investigación avanzada podría cambiarse la tensión del tubo. Se recomienda no cambiar la tensión en la investigación de otros parámetros, pues se verían modificados.

4.5.1.4 Resultados

Todos los resultados del contador de eventos se registran en la hoja de cálculo. Esto se puede ver haciendo clic en el botón *View* (en la columna de la izquierda del software Radiation Lab). El botón *Copy* transfiere la hoja de cálculo en el portapapeles. Para guardar la hoja de cálculo como un archivo CSV (compatible con MS Excel), pulse el botón Guardar. Al presionar Clear quita resultados anteriores para dejar una hoja de cálculo en blanco.

Se debe decidir qué variable va a cambiar e ir registrando los resultados obtenidos. Las variables independientes son:

1. Distancia entre el detector y la fuente
2. Espesor de material de blindaje
3. Tipo de material de blindaje
4. Tipo de fuente radiactiva (alfa, beta o gamma)
5. Tensión del detector

Una variable independiente se establece cada vez que haga una grabación de datos. Las otras variables mencionadas anteriormente deben mantenerse fijas para que sea una prueba correcta.

La variable dependiente (la variable que se mide) siempre va a ser el número de eventos radiactivos contados. Sin embargo, usted puede controlar el período de tiempo durante el cual se cuentan los acontecimientos. Se recomienda mantener el valor predeterminado de 10 segundos.

Transferir los datos a un programa de hoja de cálculo. Esto puede conseguirse pulsando el botón Copiar. Quite las columnas innecesarias de datos de modo que lo que queda es una tabla con solo dos columnas, la variable independiente a la izquierda y la variable dependiente a la derecha.

Distance (cm)	Count
10	4770
15	2221
20	1249
25	816

Tabla N° 4: Distancia-Contaje

Ahora puede dibujar un gráfico. Si los datos son continuos (por ejemplo distancia o espesor) trazar un gráfico de líneas. Si los datos son discretos (por ejemplo, tipo de fuente radiactiva) dibuje un gráfico de barras.

4.5.2 Guía de Laboratorio N° 2: Comprobación de la ley de la inversa del cuadrado de la distancia con rayos gamma

El objeto de esta experiencia es verificar que los rayos gamma emitidos por una fuente radiactiva sufren una absorción despreciable en aire, en trayectos de algunos metros.

Una fuente puntual que emita rayos gamma, lo hace isotrópicamente, es decir, los fotones emitidos se reparten homogéneamente en todas las direcciones alrededor de la fuente. Si el medio que atraviesan es aire, la absorción en recorridos cortos puede despreciarse y la variación del flujo de fotones es debido a la distribución de los mismos en una superficie cada vez mayor.

Puesto que la superficie de una esfera es proporcional al cuadrado de su radio, el flujo de fotones disminuye inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente puntual.

Esta ley puede comprobarse experimentalmente con un detector Geiger de dimensiones pequeñas en relación a las distancias fuente-detector. La velocidad de conteo neta que se mide es proporcional al flujo de fotones de modo que también seguirá la misma ley con la distancia:

$$I_n = \frac{I_0}{r^2}$$

Dónde $I_n = I - I_f$ velocidad de conteo neta a la distancia r

I_f velocidad de conteo sin fuente (fondo)

r distancia fuente-detector

I_0 velocidad de conteo neta a la distancia unidad

Tomando logaritmo en la ecuación anterior, se tiene:

$$\log I_n = \log I_0 - 2\log r$$

De modo que representando en un gráfico $\log I_n$ en función de $\log r$ se obtendrá una recta de pendiente -2.

4.5.2.1 Técnica Operatoria

Se empleará como fuente de rayos gamma Ba^{133} , Figura N° 30. La distancia al tubo Geiger se variará desde 6 hasta 30 cm, variando la misma cada 5 cm.

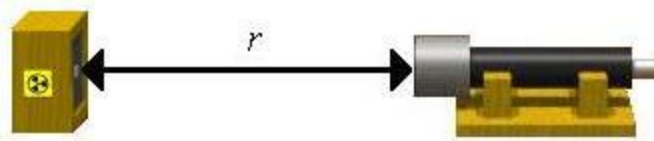


Figura N° 30: Fuente de rayos gamma (Fuente: Radiation Lab)

En cada caso se registrará la velocidad de conteo y descontando el fondo se tendrá la velocidad de conteo neta.

Se trazaré una gráfica de la velocidad de conteo neta en función de la distancia, la que tendrá el aspecto de una hipérbola de segundo grado.

Los mismos datos se representarán en un gráfico logarítmico poniendo $\log I_n$ en función de $\log r$. Se verificará así que los puntos quedan aproximadamente sobre una línea recta, y que cuando I_n disminuye en dos décadas, $\log r$ ha disminuido solo en una.

Suele encontrarse en la práctica que los puntos experimentales se apartan de la recta en los extremos inicial y final. Las causas pueden ser varias.

- a) Cuando la fuente está a gran distancia del detector la contribución de los fotones dispersados por efecto Compton en las paredes, piso, mesa, techo, etc., puede ser apreciable y dar velocidades de conteos superiores a las esperadas por la ley de la inversa del cuadrado de la distancia.
- b) Cuando las distancias son muy cortas no se cumple la condición de que las dimensiones del detector sean pequeñas con respecto a la distancia a la fuente. Este efecto hace dar velocidades de conteo menores. Además, si no se hacen las correcciones por el tiempo de parálisis del detector, también se tendrán errores por defecto.

No obstante, en este caso, simulador, no se apreciarán esos apartamientos.

4.5.3 Guía de Laboratorio N° 3: Blindaje

El objetivo es comprobar la atenuación de la radiación al interponer diferentes tipos de blindajes para emisores de distinto tipo (alfa, beta, gamma).

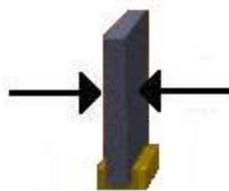


Figura N° 31: Espesor del Blindaje (Fuente: Radiation Lab)

Cuando las partículas de radiación viajan a través de una sustancia, Figura N° 32, pueden chocar con los átomos y ser detenidas. La radiación es absorbida por la sustancia de blindaje. La probabilidad de absorción es diferente de alfa, beta y radiación gamma y depende del tipo y grosor del material.

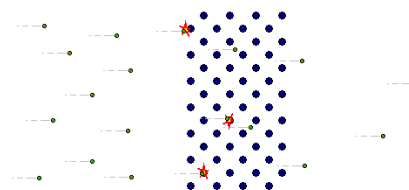


Figura N° 32: Presencia de blindaje

Sustancias muy densas, como el plomo, absorben mucho más que sustancias menos densas como la madera o el plástico.

4.5.3.1 Técnica Operatoria

Seleccione la fuente de Sr^{90} . Coloque el tubo GM a 6 cm de la fuente. Realice una medición en 10 seg. Interponga el blindaje de papel y realice nuevamente el conteo para 10 seg.

Cambie el blindaje de papel por el de Aluminio. Repita la operación.

Cambie la fuente de Sr^{90} por la de Am^{241} y repita los pasos anteriores. Al finalizar repita la operación a 12 cm fuente-detector.

Observe los resultados en "View" y saque las conclusiones.

4.5.4 Guía de Laboratorio N° 4: Decaimiento en el tiempo

La intensidad de la radiación disminuirá a medida que pasa el tiempo, Figura N° 33. El tiempo necesario para que la actividad decaiga a la mitad de su valor se denomina período de semidesintegración. La fuente de Protactinio $^{234\text{m}}$ tiene una vida media corta de alrededor de un minuto. Las otras fuentes tienen períodos más largos. La forma matemática es un decaimiento exponencial.

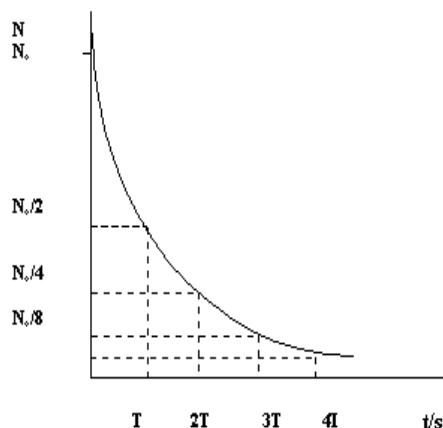


Figura N° 33: Decaimiento exponencial

En el simulador la fuente se encuentra bajo llave, disuelta en un tubo de ensayo. La actividad de esta muestra se desintegra a los pocos minutos, por lo que debe ser utilizado inmediatamente. Es un emisor de radiación beta.

Una sustancia radiactiva se compone de núcleos inestables. En cualquier momento, una pequeña proporción de los núcleos inestables decaerá en un núcleo estable dando como resultado la radiación.

A medida que el número de núcleos inestables restante se reduce con el tiempo, también lo hace la tasa con que la descomposición tiene lugar.

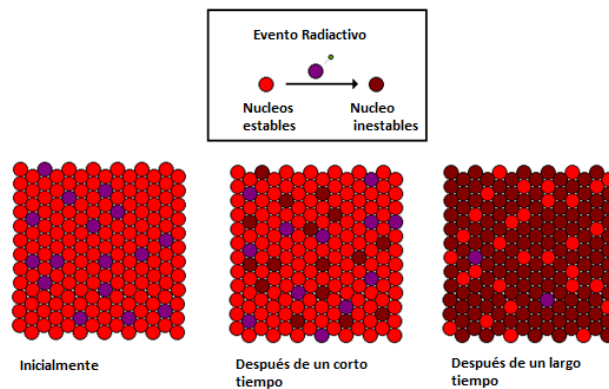


Figura N° 34: Inestabilidad de la fuente radiactiva

Capítulo 5

Resultados de la experiencia didáctica

El presente capítulo persigue dos objetivos. El primero consiste en determinar el grado de aceptación de la herramienta por parte de los estudiantes como así también el aprendizaje logrado y la pertinencia del uso del protocolo (objetivo 1.2.4, capítulo 1).

El segundo consiste en comprender las dificultades para operar el simulador, los aportes tecnológicos y pedagógicos-didácticos, a partir de la indagación a los docentes que participaron en las experiencias de laboratorio (objetivo 1.2.5, capítulo 1).

5.1 Simuladores Aplicados en Laboratorios de Energía Nuclear

En este apartado se presentan los resultados obtenidos para dar respuesta al objetivo específico “Evaluar por parte de los alumnos y los docentes, el grado de aceptación de la herramienta, el aprendizaje alcanzado y la adecuación del protocolo de uso”.

En Tabla N° 5 se muestran los resultados obtenidos con el simulador en una experiencia determinada aplicada durante las prácticas de uso, en este caso, por ejemplo, consistió en interponer diferentes tipos de materiales para blindar radiaciones de distinta naturaleza y comportamiento.

Fuente	Tipo Rad.	Material de Blindaje	Espesor de Blindaje (mm)	Distancia (cm)	Duración de conteo (sec)	Tensión de alimentación	Cuentas
Sr-90	β	nada	0	6	10	950	73346
Sr-90	β	papel	0.2	6	10	950	68327
Sr-90	β	aluminio	5.0	6	10	950	13
Am-242	α	nada	0	6	10	950	73577
Am-242	α	papel	0.2	6	10	950	296
Am-242	α	aluminio	5.0	6	10	950	10
Am-242	α	nada	0	12	10	950	11
Am-242	α	papel	0.2	12	10	950	14
Am-242	α	aluminio	5.0	12	10	950	13
Sr-90	β	nada	0	12	10	950	40900
Sr-90	β	papel	0.2	12	10	950	34485
Sr-90	β	aluminio	5.0	12	10	950	10

Tabla N° 5: Tabla de resultados correspondientes al Laboratorio N° 3

La intervención del alumno consistió en observar los resultados obtenidos para extraer las conclusiones correspondientes, estas resultaron coincidentes con las esperadas.

A partir de esa experiencia se procedió a indagar a los alumnos y a los docentes sobre la facilidad de uso de la herramienta educativa.

En esta instancia se tuvieron en cuenta características relativas a la calidad de dicha herramienta, seleccionando algunos aspectos significativos característicos de determinados atributos del software. Para ello se implementó un test de usabilidad típico (IEEE 1983):

- Facilidad de uso del producto
- Facilidad de aprender el producto
- Facilidad de hacer una determinada tarea
- Facilidad de instalar el producto
- Facilidad de encontrar información en el manual
- Facilidad de comprender la información

- Utilidad de los ejemplos de ayuda.

En una primera etapa se indaga a los docentes en cuanto al grado de aceptación y posteriormente se realiza una encuesta entre los alumnos del curso de Metodología y Aplicación de los Radionucleídos que organiza el CUTeN.

5.2 Entrevista a docentes

Como ya se anticipara, se llevó a cabo una entrevista a los tres docentes responsables del desarrollo de experiencia, las preguntas tuvieron base en los puntos señalados anteriormente:

A continuación, se presenta un resumen de sus afirmaciones.

Sobre el “Radiation Lab”, su uso, aplicación y accesibilidad para el alumno, la principal ventaja que encuentra el docente es la posibilidad de disponer de un software libre *stand alone*, es decir que no necesita una conexión a internet, facilitando de esta manera el acceso en cualquier tiempo y espacio. Está desarrollado para uso individual, de allí la sugerencia por parte de los consultados, de analizar los resultados obtenidos por parte de cada alumno y extraer conclusiones por comparación de las tablas de valores sobre cada experiencia.

En relación a la **Facilidad de uso del producto**, los docentes respondieron que es una herramienta fácil de usar; es intuitiva en cuanto al manejo de los recursos disponibles, ya se trate de los instrumentos o de los complementos, como blindajes, fuentes radiactivas, tablas de resultados; esto convierte al software en accesible para todo tipo de alumnos, tenga conocimientos previos o no sobre el uso de esta tecnología.

También, evaluaron la **Facilidad de aprender el producto**, en general, los docentes afirmaron que cuenta con un proceso sencillo para instruirse a usarlo, se asimila en la misma clase. Sólo es necesario dar indicaciones mínimas sobre el uso de la herramienta y lo que se espera obtener de ella.

Consultados sobre la **Facilidad de hacer una determinada tarea**, los consultados coincidieron en que la tarea se realiza en forma sencilla una vez que se tiene el conocimiento de lo que se busca, de lo que se puede hacer y lo que no. Por ejemplo, no se fijan algunas variables para observar otras, y eso debe respetarse para alcanzar los resultados previstos.

Otro punto que se indagó fue la **Facilidad de instalar el producto**, unánimemente respondieron que se puede instalar fácilmente, y esto se hace desde la página indicada. Esto aporta un plus a la experiencia, pues permite que el alumno pueda repetir la experiencia o implementar otras desde cualquier computadora y en cualquier momento, aun fuera del horario de cursado. Otra ventaja es que no necesita conexión a internet.

Respecto a la facilidad de encontrar información en el manual, los docentes coincidieron en que el texto es muy didáctico pero muy básico, por ese motivo hubo que dar información extra sobre la física de las radiaciones para elevar el nivel de profundidad.

Sobre la facilidad de comprender la información, respondieron que esta información tiene una explicación teórica y práctica, con ejemplos, esto aporta un plus para facilitar el aprendizaje.

Finalmente, sobre la Utilidad de los ejemplos de ayuda, los docentes afirmaron que en general los ejemplos son prácticos y fáciles de comprender.

5.3 Encuesta a alumnos

1. Para los alumnos del curso de Metodología y Aplicación de los Radionucleídos (CUTeN, Centro Universitario Tecnológico Nuclear), diecinueve (19) en total, se elaboró una encuesta a los alumnos que fue aplicada al finalizar el mismo.

Esta muestra bajo estudio estuvo caracterizada por:

- Genero :
 - ✓ Masculino : 7
 - ✓ Femenino: 12
- Edad:

- ✓ De 25 a 30 años : 3
- ✓ De 30 a 35 años : 12
- ✓ De 35 a 40 años: 4

- Profesión:

- ✓ Médicos: 14
- ✓ Físicos: 3
- ✓ Ingenieros: 2

Este curso tuvo lugar entre abril y octubre de 2014, con una dedicación al laboratorio de cuatro horas para cada dictado y un total de cinco experiencias diferentes.

En la Tabla N° 6 se muestra un modelo de la encuesta realizada.


	Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales	
	Curso de Metodología y Aplicación de los Radionucleidos	
	Encuesta	
Aporta instrucciones para el acceso y control de la información: Si: ___ No: ___		
Tipo de acceso al Contenido: Bueno ___ Regular ___ Malo ___		
Calidad y relevancia de gráficos e imágenes: Bueno ___ Regular ___ Malo ___		
Calidad de las animaciones: Bueno ___ Regular ___ Malo ___		
Calidad y relevancia del sonido: Bueno ___ Regular ___ Malo ___		
Calidad y relevancia del texto: Bueno ___ Regular ___ Malo ___		
Sincronización imagen-sonido-texto: Bueno ___ Regular ___ Malo ___		
Elementos innecesarios: Si _____ No _____		
Si su respuesta es SI indique cuales: _____		
Presenta originalidad y uso de tecnología avanzada: Si: ___ No: ___		

Tabla N° 6: Modelo de encuesta a alumnos

Como se puede observar, la encuesta tuvo en cuenta las siguientes consideraciones para la evaluación por parte del usuario.

- Aporta instrucciones para el acceso y control de la información: al alumno se le hace entrega del manual del software, el cual le permite obtener información sobre los atributos de la herramienta e indicaciones de uso.
- Tipo de acceso al contenido: se pretende evaluar la facilidad con la que encuentra la manera de realizar el práctico de laboratorio utilizando los recursos disponibles: instrumento de detección, blindajes, fuentes emisoras de radiactividad, selector de voltaje, tiempo, distancia, y almacenamiento de los resultados.
- Calidad y relevancia de gráficos e imágenes: se indaga sobre los gráficos e imágenes que utiliza el software y que se espera faciliten la comprensión de los fenómenos físicos involucrados.
- Calidad de animaciones: evaluar este punto es de interés en cuanto al estímulo que puede generar en el usuario.
- Calidad y relevancia del sonido: el sonido es importante en este tipo de experiencias prácticas pues advierte sobre la presencia de radiaciones como medida de protección radiológica.
- Calidad y relevancia del texto: hace referencia al contenido teórico que explica el comportamiento físico de las radiaciones, como así también el uso del instrumento.
- Elementos innecesarios: se les presenta aquí la posibilidad de realizar aportes o sugerencias en cuanto al aspecto visual y auditivo de la herramienta.
- Presenta originalidad y uso de tecnología avanzada: se indaga sobre este aspecto relevante considerando la posibilidad de incorporar mejoras que complementen el uso del simulador.

En cuanto a los resultados obtenidos en la aplicación de la herramienta virtual en un caso práctico, como es el Curso de Metodología y Aplicación de los Radionucleídos que se dicta a profesionales de la salud e investigación que trabajan con radiaciones ionizantes; los mismos fueron satisfactorios y se describe a continuación los resultados de la encuesta.

En cuanto a la consulta sobre si “Aporta instrucciones para el acceso y control de la información, los resultados son los siguientes, Figura N° 35:

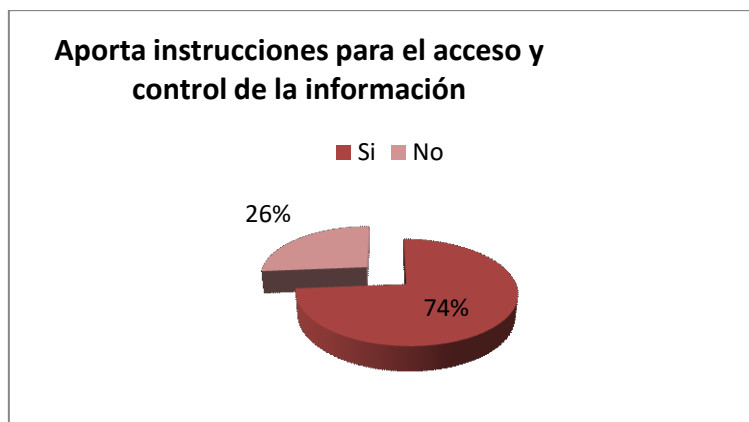


Figura N° 35: Aportes sobre acceso y control de la información

Si bien se revela favorable el porcentaje de satisfacción en cuanto al aporte de instrucciones en el simulador, cabe mencionar que no fue necesario acudir en su totalidad a la información provista, dado que la clase fue presencial y el docente instruyó sobre los contenidos necesarios para avanzar en la realización del práctico.

El siguiente grupo de preguntas se analiza en conjunto por representar todas ellas, aspectos para evaluar la aceptación de la herramienta a partir de los siguientes puntos:

- Tipo de acceso al contenido
- Calidad y relevancia de gráficos e imágenes
- Calidad de las animaciones
- Calidad y relevancia del sonido
- Calidad y relevancia del texto

Los resultados en este punto fueron los siguientes, Tabla N° 7:

	BUENO	REGULAR	MALO
Tipo de acceso al Contenido	19	0	0
Calidad y relevancia de gráficos e imágenes	17	2	0
Calidad de las animaciones	15	4	0
Calidad y relevancia del sonido	17	1	1
Calidad y relevancia del texto	18	1	0

Tabla N° 7: Resultados de encuestas

También se realiza la gráfica comparativa sobre las respuestas a la encuesta, la que se presenta en la Figura N° 36:

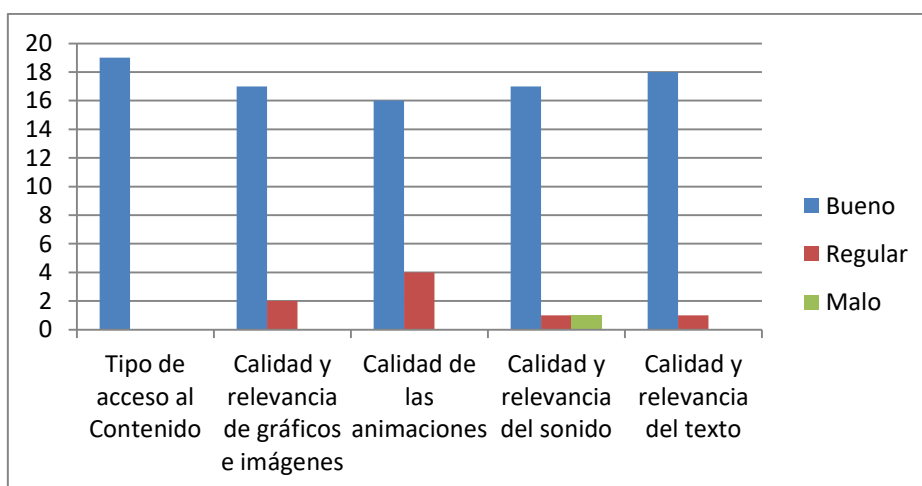


Figura N° 36: Comparación de las respuestas a la encuesta

El gráfico muestra que el aspecto que presenta una menor conformidad es la “Calidad y relevancia de las animaciones”, con una evaluación calificada como “regular” por el 20% de los encuestados, y como “buena” por el 80% restante.

En menor medida, la insatisfacción se muestra en “Calidad y relevancia de gráficos e imágenes” con un 10% de calificación como “regular”, frente al 90% “bueno”.

El aspecto que mereció, incluso, una calificación de “malo” (5%), es “Calidad y relevancia del sonido”; también, “regular” el 5%; frente al 90% que responde “bueno”.

“Calidad y relevancia del texto” muestra una alta aceptación con el 95% de calificación “buena”, y un 5% “regular”.

Como se observa en la encuesta, es alto el grado de aceptación de la herramienta, siendo este un importante avance para continuar con la implementación de la misma. Se dialogó con alguno de los encuestados con respecto a la utilización del software los que manifestaron la importancia de disponer de recursos educativos interactivos. Es un estímulo para los usuarios que el primer contacto con la herramienta se realice en forma satisfactoria.

Se consulta sobre elementos innecesarios encontrados, como forma de evaluar la herramienta por parte de los alumnos, y los resultados fueron los siguientes, Figura N° 37:



Figura N° 37: Elementos innecesarios

Los resultados muestran que no encuentran elementos innecesarios el 89% de los consultados, mientras que un 11% afirma que existen.

A pesar de estas diferencias, se observa un buen diseño de la herramienta en cuanto a que dispone solo de lo necesario para su

funcionamiento y comprensión de los temas teóricos, como se refleja en la encuesta.

En cuanto a la originalidad del software y el uso de tecnología de avanzada, las respuestas de los alumnos fueron, Figura N° 38:

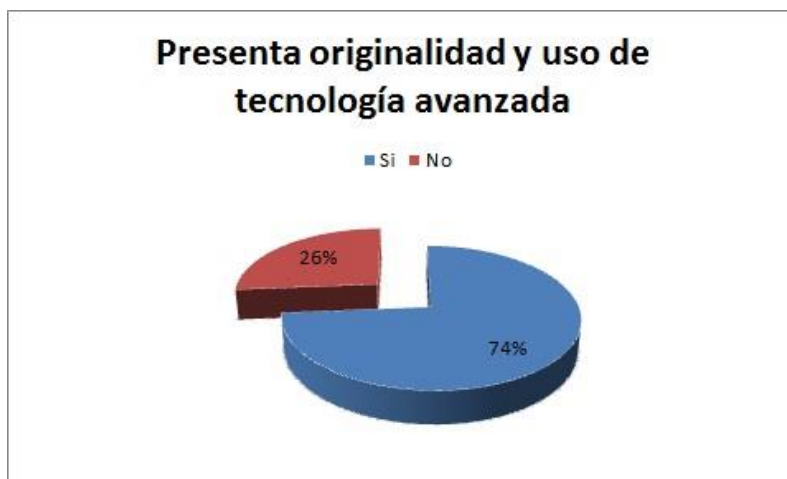


Figura N° 38: Originalidad y uso de tecnología

Los usuarios manifestaron como original a la herramienta y de avanzada tecnología (el 74%), frente a un 26% que no lo considera así; lo que resulta alentador para continuar en la aplicación de la misma como parte de la formación en temas referidos al uso y aplicación de las radiaciones ionizantes.

A modo de conclusión se puede decir que, los aspectos señalados como incorrectos o negativos por parte de los alumnos resultan importantes porque son los que se deben tener en cuenta a futuro para resolver desde la cátedra, en busca no solo de la aceptación total de la herramienta sino de su comprensión como herramienta de aprendizaje.

Capítulo 6

Conclusiones

A lo largo de este trabajo se incluyeron en los respectivos capítulos conclusiones particulares relacionados con la temática abordada y que no se incluirán aquí.

A título general se expresan a continuación algunas más generales como así también las dificultades más relevantes del desarrollo de este trabajo, los logros alcanzados y la línea de acción a futuro sugerida.

Según lo expuesto; el diseño, el desarrollo y la implementación de un protocolo de actuación como guía de aprendizaje en entorno virtual de simulación, con lleva, desde sus dimensiones tecnológicas, educativas

didáctico-pedagógicas, éticas y profesionales, una opción altamente valorable para la capacitación y entrenamiento en la manipulación de material radiactivo.

Sus pros y contras deberían ser tenidos en cuenta para un aprendizaje efectivo a la hora de seleccionar un software de simulación que contemple y compatibilice los aspectos someramente abordados en la medida que contribuyan a la concreción de un aprendizaje significativo de competencias respecto de la manipulación profesional de material nuclear en un laboratorio virtual como si fuera real.

En este caso, para esta propuesta se fueron seleccionados el detector Geiger Muller y simulador Radiation Lab ya que se considera que ambos cubren los aspectos citados. De esta manera cada alumna o alumno en su oficio de aprender a manipular material radiactivo a través de un entorno virtual podrá adquirir y desarrollar las competencias necesarias de manera personalizada. Con ello se espera obtener un aprendizaje efectivo que redunde en prácticas reales idóneas y sin riesgos.

A modo de conclusión se puede valorar la experiencia realizada en el CUTeN como sigue.

- El conocimiento como actividad situada; situada en contexto social, que tiene relación con la importancia del tema para aprovechamiento de la sociedad en su conjunto en lo que a avances tecnológicos/científicos se refiere, situada en contexto de aprendizaje, el tema dominante es la radiación.
- El recurso técnico laboratorio facilita a los participantes el estudio autónomo, la interacción entre sí, el estudio participativo. La modelación de la realidad enmarcada en el ámbito de la física nuclear, contextualizada según los contenidos dominantes ya a nivel local, nacional o mundial.
- El contenido aprehendido es producto de la actividad y del conocimiento humano producido por la comunidad científica, y como tal propagado en aras del mejoramiento de las capacidades individuales y sociales.
- Los conceptos finalmente apropiados por los alumnos entran a formar parte de una estructura ya existente (es un aprendizaje significativo).

- El aprendizaje significativo se logra gracias a esa relación con los conocimientos previos activados por el alumno y su reflexión generada por la actividad en contexto.
- El simulador como instrumento permite una ejecución pautada, pausada y meditada, la supervisión forma parte de este proceso; también es posible una autoevaluación de las tareas en relación con los resultados obtenidos. La técnica aplicada es evaluada para definir su aceptación o rechazo.

Mediante esta experiencia se pudo constatar como rasgo principal el logro de la autonomía del aprendizaje gracias a un instrumento de fácil manipulación y obtención; donde la actividad docente es la de facilitador y guía, pero la construcción del conocimiento está en manos del sujeto del aprendizaje.

Este trabajo, con sus aciertos y desaciertos, es una contribución a la mejora de los procesos de aprendizaje de los actores involucrados en el uso del simulador “Radiation Lab” y además al capital humano del investigador que trabajó durante su desarrollo con el anhelo de realizar un aporte significativo en el área temática abordada, alineada con la calidad educativa de los usuarios del simulador.

Las líneas de acción a futuro se propondrán en el plan de investigación del equipo al cual pertenece para 2018-2019.

ANEXO

Laboratorio N° 1: Comprobación de la ley de la inversa del cuadrado de distancia con rayos gamma

Fecha:

Nombre:

Instrumento utilizado:

Fuente radiactiva:

t de medición:

Tabla de resultados

d: Distancia (cm)	N: Cuentas (ctas./10seg)

Gráfico N vs. d



Conclusión :

.....

.....

.....

.....

.....

Laboratorio N° 2: BLINDAJE

Fecha:

Nombre:

Instrumento utilizado:

Fuente radiactiva:

t de medición:

Tabla de resultados

FUENTE	DISTANCIA (cm)	BLINDAJE

Gráfico N vs. d



Conclusión :

.....

.....

.....

.....

.....

Laboratorio N° 3: Decaimiento en el tiempo

Fecha:

Nombre:

Instrumento utilizado:

Fuente radiactiva:

t de medición:

Tabla de resultados

t: Tiempo (s)	N: Cuentas (ctas./10seg)

Gráfico N vs. t



Conclusión :

.....

.....

.....

.....

.....

Encuesta realizada para los Alumnos


	Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales	
	Curso de Metodología y Aplicación de los Radionucleidos	
	Encuesta	
Aporta instrucciones para el acceso y control de la información: Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>		
Tipo de acceso al Contenido: Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/>		
Calidad y relevancia de gráficos e imágenes: Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/>		
Calidad de las animaciones: Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/>		
Calidad y relevancia del sonido: Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/>		
Calidad y relevancia del texto: Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/>		
Sincronización imagen-sonido-texto: Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/>		
Elementos innecesarios: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Si su respuesta es SI indique cuales: _____		
Presenta originalidad y uso de tecnología avanzada: Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>		

Tabla N° 8: Conceptos pedagógicos

Concepto	Definición	Característica
Teoría Sociocultural - Constructivismo	Influencia del contexto en la construcción del conocimiento	El conocimiento es una acción o actividad situada. Interacción con los artefactos e instrumentos bajo las circunstancias sociales que los envuelven (Lozares, C. 2000).
El laboratorio	Espacio que posibilita la contextualización del aprendizaje y la construcción consciente del conocimiento.	Es un recurso técnico de orden material, que facilita al educando la interacción, estudio, y/o modelación de la realidad o de una parte de esta. Proporciona a los contenidos instruccionales el significado dentro de la actividad, con pertinencia en una realidad enmarcada dentro de un

		contexto sociocultural y situacional (posibilita la contextualización de los contenidos).
El contenido	Se aprehende en situación. No es fundamental su retención y memorización	Es parte integral de los componentes de una actividad como elemento imprescindible para la interpretación y el desarrollo de la acción. Es un producto de la actividad y del conocimiento humano marcado social y culturalmente.
Los conceptos	Son un conocimiento que va más allá de la simple descripción de un hecho.	Pertencen a una estructura de conocimientos previamente estructurados por la experiencia del sujeto. Para que se produzca un aprendizaje conceptual, la nueva información entra a formar parte de la estructura ya existente de conocimientos (es un aprendizaje significativo).
El aprendizaje significativo	Comprende la adquisición de nuevos significados, y estos son producto del aprendizaje significativo.	Depende de la claridad y organización de los materiales presentados, y de su relación con los conocimientos previos activados y la reflexión sobre esa relación conceptual generada en el educando por la actividad en contexto.
Mediación de los entornos de laboratorio en la construcción del aprendizaje de procedimientos	Todo aprendizaje significativo pertenece a un hecho real o una asociación con dicha realidad Los conceptos se conciben como herramientas que posibilitan la interacción en un contexto de actividad, y la reconstrucción de estos como el ajuste a dichas condiciones, entonces, los entornos de simulación son un eje contextual para dicho ajuste.	Las estructuras conceptuales existentes son modificables en la medida que los individuos encuentran en el contexto elementos que lo motiven y le justifiquen dicho cambio. Exponer un concepto a la comprobación frente a un hecho real, puede generar elementos que motiven al cambio, el ajuste o confirmación de dicho concepto. La posibilidad situacional que genera la interacción con la realidad simulada proporciona dichos cambios.
Las técnicas	Son mediadoras para	Son una rutina pausada y

instrumentales	<p>optimizar la tarea del educando frente a las situaciones impuestas por el contexto, son adquisiciones de tipo práctico, que responden a una situación y a un evento en particular.</p>	<p>altamente meditada, donde la supervisión por parte del ejecutante es continua.</p> <p>Las tareas son auto-evaluadas en relación con los resultados obtenidos.</p> <p>La técnica aplicada es el motivo que impulsa al educando a repetir o rechazar dicha técnica. La adopción consciente de una técnica es un hecho construido en situación por el individuo. Depende del sujeto que la ejecuta.</p> <p>La selección de una técnica también está en dependencia de las posibilidades de interacción del individuo en relación con dicha técnica (motricidad, capacidad de memoria, dominio declarativo de una determinada secuencia, ergonomía, etc.) y la especificidad situacional.</p>
----------------	---	--

Bibliografía.

Aldrich, C. (2005). *Learning by doing: a comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e- Learning and other educational experiences*. San Francisco: Pfeiffer. Recuperado el 23 de setiembre de 2015 de http://ruangbacafmipa.staff.ub.ac.id/files/2012/02/Learning_by_Doing_A_C_omprehensive_Guide_to_Simulations_Computer_Games_and_Pedagog_y_in_e_Learning_and_Other_Educational_Experiences.pdf Gómez, B. (1997).

Aldrich, C. (2005) *Learning by doing: a comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e- Learning and other educational experiences*. [Versión electrónica]. San Francisco: Pfeiffer.

Aldrich, C. (2009a). *The complete guide to simulations & serious games*. [Versión electrónica]. San Francisco: Pfeiffer.

Aldrich, C. (2009b). *Because You Can't Learn to Ride a Bicycle From a Book*. T+D [Versión electrónica], 63(12), 24-26.

Aldrich, C. (2010). *Learning online with games, simulations and virtual worlds: strategies for online instruction*. [Versión electrónica]. San Francisco: Jossey-Bass.

Aldrich, C. (2009a). *The complete guide to simulations & serious games*. San Francisco: Pfeiffer. Recuperado el 20 de setiembre de 2015 de <http://unschooling-rules.blogspot.com.ar/p/blog-page.html>.

Aldrich, C. (2009b). *Because You Can't Learn to Ride a Bicycle From a Book*. T+D, 63(12), 24-26. *Association for Talent Development*.

Recuperado el 20 de setiembre de 2015 de <https://www.td.org/Publications/Newsletters/Learning-Circuits/Learning-Circuits-Archives/2010/09/Because-You-CanT-Learn-to-Ride-a-Bicycle-from-a-Book>

Alejandro Peña, Carlos Arturo Castro, Angela Alaguna, Luz Mery Areiza y Rafael David Rincón, 2006.

Alberto Ruiz, Gustavo; Peña, Alejandro; Arturo Castro, Carlos; Alaguna, Angela; Areiza, Luz Mery; Rincón, Rafael David. (2006). Modelo de Evaluación de Calidad de Software Basado en Lógica Difusa, Aplicada a Métricas de Usabilidad de Acuerdo con la Norma ISO/IEC 9126. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, vol. 3, núm. 2, diciembre, 2006, pp. 25-29. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Amaya Franky, Germán. (2009). Laboratorios reales versus laboratorios virtuales, en la enseñanza de la física. *El Hombre y la Máquina No. 33 • Julio-Diciembre de 2009* 87.

Bradley, P. (2006). The history of simulation in medical education and possible future directions [Versión electrónica], *Medical Education*, 40(3), 254-262. Recuperado el 2 de octubre de 2015 de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16483328>

Bradley, P. (2006). The history of simulation in medical education and possible future directions. *Medical Education*, 40(3), 254-262.

Casanovas, Inés. (2005). La didáctica en el diseño de simuladores digitales para la formación universitaria en la toma de decisiones: Un modelo teórico metodológico de diseño de simuladores de toma de decisiones basado en indicadores didácticos. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales Vol. 2(6)*, págs. 17-34. 2005.

Cataldi, Zulma; Lage, Fernando J. y Dominighini, Claudio. (2013). Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza. *Revista de*

Informática Educativa y Medios Audiovisuales Vol. 10(17), págs.8-16. 2013.

Clares López, José (2011). *Propuesta de diseño pedagógico para la elaboración de un programa educativo multimedia*. Universidad de Sevilla
Disponible en: https://cursos.campusvirtualsp.org/pluginfile.php/2177/mod_resource/content/0/Diseno_Jose_Clarens_Sevilla.pdf

Dewey, John (2004). *Democracia y educación: una introducción a la filosofía de la educación*. Madrid, Ediciones Morata, S. L.

Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. 2ª edición. México. Mc Graw Hill Interamericana.

Fernández, J. L. (2005). *Estudio de la influencia de un entorno de Simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la Física en Bachillerato*. [Versión electrónica], España: Ministerio de Educación y Ciencia.

Gómez. B. (1997, 1 de setiembre). Pensamientos de Albert Einstein sobre Educación [Versión electrónica], Talleres sobre Tópicos de Física Contemporánea. Taller, 1. Colombia: Universidad de Los Andes. Recuperado el 20 de setiembre de http://www.prof.uniandes.edu.co/~bgomez/einstein_edu.html .

Guaralnick, D., y Levy, C. (2009). Putting the Education into Educational Simulations: Pedagogical Structures, Guidance and Feedback. *International Journal of Advanced Corporate Learning*, 2(1), 10-15.

Guaralnick, D., y Levy, C. (2009, February 1st.). Putting the Education into Educational Simulations: Pedagogical Structures, Guidance and Feedback [Versión electrónica], *Kaleidoscope Learning*, 2(1), 10-15. New York, NY: USA. Recuperado el 20 de setiembre de 2015 de <http://www.online-journals.org/index.php/i-jac/article/view/693/792>

Hernández Sampieri, R.; Fernández-Collado, C.; Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. 4º edición. México. McGraw Hill.

Holmberg, B. (1983). Guided didactic conversation in distance Education. In Sewart, D.; Keegan, D. and Holmberg, B. (Eds), *Distance Education: Internacional perspectives* (pp. 114-122). London: Croom Helm. Recuperado el 20 de noviembre de 2015 de <http://www.c3l.uni-oldenburg.de/cde/support/readings/holm83.pdf>

Jonassen, D. (1996). *Computers in the classroom: Mindtools for critical thinking*. [Versión electrónica]. Columbus: Merrill/Prentice-Hall.

Konetes, G. D. (2010). The Function of Intrinsic and Extrinsic Motivation in Educational Virtual Games and Simulations. *Proceedings of the International Workshop On Web Information Systems & Applications [Versión electrónica]*, *Academy Publisher*, 2(1), 23-26. Recuperado el 3 de setiembre de 2015 de <http://www.jetwi.us/uploadfile/2014/1226/20141226041015588.pdf>

Martínez y Zea (2004). Estrategias de enseñanza basadas en un enfoque constructivista. *Revista ciencias de la educación*. Año 4 • Vol. 2 • N° 24 • Valencia, Julio-Diciembre 2004. PP. 69-90. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Carabobo. Valencia, Edo. Carabobo, Venezuela.

Novak, J. y Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona, España. Martínez Roca.

Odetto, Jorge Osvaldo; Chautemps, Norma Adriana; Keil, Walter Miguel. (2015). Implementación de instrumental simulado para prácticos de laboratorio. Facultad de Ciencias Exactas, Física y Naturales, Universidad

Nacional de Córdoba. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 27, No. Extra, Nov. 2015, 157-163 La evaluación del presente artículo estuvo a cargo de la organización de la 19 Reunión Nacional de Educación en Física 157 www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/

Osorio Villa, Paola Andrea; Franco, Mary Blanca Ángel y Franco Jaramillo, Alejandro. (2012). El uso de simuladores educativos para el desarrollo de competencias en la formación universitaria de pregrado. *Revista Q* ISSN: 1909-2814 Tecnología Comunicación Educación Vol. 7 No. 13 Julio – Diciembre de 2012.

RADIATION LAB <http://getwordwall.com/VisualSimulations> (Revisado en 2014)

RAE. (2017). Diccionario en línea. <http://dle.rae.es/?id=USpE7gg>

Reigeluth, C. (2000) *Diseño De la Instrucción Teorías y modelos. Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción Parte I*. Madrid: Mc Graw Hill Aula XXI Santillana.

Reigeluth, C. (2000). Teoría instruccional y tecnología para el nuevo paradigma de la educación RED. *Revista de Educación a Distancia*. Número 32

Ruiz Gustavo Alberto. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=133114988005>: Modelo de Evaluación de Calidad de Software Basado en Lógica Difusa, Aplicada a Métricas de Usabilidad de Acuerdo con la Norma ISO/IEC 9126.

Sepúlveda, F., Rajadell, N. (Coord.). (2001) *Didáctica General para Psicopedagogos*. Madrid: UNED.

Sierra, J. (2000) "Informática y Enseñanza de las Ciencias". En Perales F.J. y Cañal P. (Eds.) Didáctica de las Ciencias Experimentales (339-359). Alcoy: Marfil.

Sierra, J. L. (2005). *Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la Física en Bachillerato*. [Versión electrónica]. Madrid, España: Gobierno de España, Ministerio de Educación y Ciencia.

María Elena Dorrego, Revista de Pedagogía, Año I, Nº 1, Escuela de Educación, Universidad Central de Venezuela, Mayo 1971, pp.37-50, Caracas, Julio-Diciembre de 2011, 75-97

<http://www.redalyc.org/html/659/65926549005/> Revisado 23/10/2018

M.I. Alberto Pedro Lorandi Medina, M.I. Guillermo Hermida Saba, M.S.I. José Hernández Silva y M.C. Enrique Ladrón de Guevara Durán. http://bibliografia.eovirtual.com/LorandiA_2011_Laboratorios.pdf. Revisado 23/10/2018

Marquès, P. (1999). Multimedia educativo: clasificación, funciones, ventajas e inconvenientes (última revisión: 22/12/04)

en: <http://dewey.uab.es/pmarques/funcion.htm> Revisado 23/10/2018