

Enseñanza de conceptos de electricidad y magnetismo utilizando laboratorios virtuales con estudiantes de ingenierías de la Universidad Antonio Nariño.

Diego Fernando Becerra-Rodríguez¹⁻², César Eduardo Mora Ley², Ruben Sánchez Sánchez³.

¹: Universidad Antonio Nariño. Facultad de Ciencias. Grupo de investigación Modelado y computación científica Molecular, línea de Herramientas virtuales aplicadas a conceptos fundamentales en ciencia. Calle 22 Sur No. 12D-81 Bogotá D.C. Colombia.

²: Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Legaria. Calzada Legaria #694. Col. Irrigación. Del. Miguel Hidalgo. C.P. 11,500. México, D.F. Tel. 011(52) (55)57296000 Ext. 67737

Resumen.

La propuesta es una investigación sobre el cómo incide el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza de la Física, específicamente en conceptos fundamentales de Electricidad y Magnetismo, en estudiantes de ingenierías de la Universidad Antonio Nariño de Bogotá, tratando de esta forma llevar a la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes, dejando la educación centrada en ellos, y al profesor como una guía y un colaborador sobre la temática a abordar, permitiendo que interactúe productivamente, motivándolos a que construyan su aprendizaje a partir de la observación de fenómenos y correlación de variables. En el estudio se aplica a unos grupos experimentales y de control los mismos pre y postes antes y después de aplicar la estrategia, posteriormente se hace un análisis utilizando el factor de Hake y la t de student. Propiciando una dinámica de grupos en la cual los estudiantes anticipan sus respuesta a unos fenómenos con una "predicción", realizan una "Observación" que fomenta una "Discusión" y finalmente llegan a una "Síntesis" dando cabida al ciclo PODS planteado en el aprendizaje Activo de la Física, sustituyendo la observación de un fenómeno real por una el uso de simulaciones de fenómenos físicos desde plataformas de acceso libre.

Abstract.

The proposal is an investigation on how the use of virtual laboratories in the teaching of Physics, specifically in fundamental concepts of Electricity and Magnetism, in students of engineering of the Antonio Nariño University of Bogotá, trying in this way to lead to the construction Of knowledge on the part of students, leaving the education centered on them, and the teacher as a guide and a collaborator on the subject to address, allowing them to interact productively, motivating them to build their learning from the observation of phenomena and correlation Of variables. In the study, the same pre and post test and control groups were applied to experimental and control groups before and after the strategy was applied, after which the Hake factor and the student t test were used. By fostering a group dynamics in which students anticipate their response to phenomena with a "prediction", they perform a "Observation" that encourages a "Discussion" and finally they arrive at a "Synthesis" giving place to the PODS cycle raised in learning Active of Physics, but substituting the observation of a real phenomenon for one the use of simulations of physical phenomena from platforms of free access.

Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo divulgar los resultados parciales de un trabajo (Aún en desarrollo) enmarcado dentro del programa de Doctorado en Ciencias en Física Educativa del Instituto Politécnico Nacional de México, generado desde la Universidad Antonio Nariño U.A.N. de Bogotá, en el cual se utiliza una herramienta TIC como lo son los laboratorios en los procesos de enseñanza aprendizaje de temáticas generales de la asignatura de Electricidad y Magnetismo ofrecida por la Facultad de Ciencias a estudiantes de ingeniería de la U.A.N. El trabajo se realiza utilizando una plataforma de acceso libre como lo es la de phetcolorado, lo que da una aproximación inicial a la investigación realizada es una oportunidad para una comunidad académica puntual. La Facultad de ciencias de la Universidad Antonio Nariño, que es una institución de educación superior que ofrece distintas carreras profesionales, entre ellas diferentes ingenierías como la civil, mecánica, mecatrónica entre otras. La facultad se propuso a inicio del año 2015 el objetivo de incluir las TIC y los laboratorios virtuales en el proceso de formación de los estudiantes en las carreras de ingenierías, para el caso particular de las asignaturas del departamento de física se pretendió determinar un punto de partida con la exploración de distintas plataformas de acceso libre y creación de documentos de trabajo de esas plataformas validadas como por ejemplo la de phetColorado, fisicalab etc.

La población universo del trabajo de investigación son los estudiantes de la Universidad Antonio Nariño, la población son todos los estudiantes de ingenierías que cursan la asignatura de electricidad y magnetismo y la muestra es de tipo probabilístico, para determinar el tamaño de la muestra se debe tener en cuenta que en el desarrollo del trabajo el tamaño del universo son los estudiantes matriculados en la asignatura Electricidad y Magnetismo de la Universidad Antonio Nariño de la sede Sur de Bogotá D.C. El tamaño de la población N del estudio es de 190 estudiantes ($N=190$) el error máximo aceptable es del 5% ($e=0,05$) el porcentaje estimado de la muestra 50% ($\sigma=0,5$) y el nivel deseado de confianza de la investigación es del 95% ($Z=1,96$)

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{e^2(N-1)+(\sigma^2Z^2)}$$
$$n = \frac{(190)0,5^21,96^2}{0,05^2(190 - 1) + (0,5^21,96^2)}$$
$$n = \frac{182,47}{1,3329}$$
$$n = 136,9$$

Por lo cual se encuentra que para poder generalizar los resultados obtenidos a la población escogida las actividades se deben implementar en como mínimo 137 estudiantes, que fueron distribuidos en 7 grupos experimentales y 4 grupos de control.

Problema y Oportunidad.

El departamento de física de la Universidad Antonio Nariño de Bogotá, ofrece distintas asignaturas que los estudiantes de ingeniería deben tomar durante su proceso de formación, éstas asignaturas son: Física Mecánica, Electricidad y Magnetismo, Vibraciones y Ondas, Fluidos y Termodinámica y Física Moderna, todas ellas con una estructura de componentes curriculares y actividades definidas que tienen una intensidad horaria de seis horas a la semana, de las cuales se disponen de cuatro horas para trabajar aspectos

teóricos y dos horas para realizar trabajos de prácticos de laboratorio, sin embargo se considera que el material de laboratorio con el que cuenta la universidad no es suficiente para realizar óptimamente las prácticas planeadas, es por esta razón que para los cursos que cuentan con un cupo aproximado de 30 estudiantes el trabajo en actividades de laboratorio se distribuye de tal manera que la mitad del curso, 15 estudiantes realicen la actividad experimental práctica un día a la semana mientras la otra mitad del curso realice la actividad experimental virtual y a la semana siguiente invertir las actividades y los estudiantes.

Por otro lado en el ejercicio docente con estudiantes que cursan la asignatura de Electricidad y Magnetismo, en cuanto a la parte conceptual de los fenómenos relacionados y abordados se confirmaron las afirmaciones hechas por Fredette & Lockhead (1980) quienes afirman que los estudiantes resuelven exitosamente problemas mediante la aplicación de leyes tales como la de Ohm o Kirchhoff entre otras, sin embargo no desarrollan una estructura conceptual coherente con las teorías científicas, pues se comprueba en investigaciones, que al presentarle a los estudiantes situaciones cualitativas responden erróneamente. Estos errores conceptuales según Campos (2009) no necesariamente son producto del proceso enseñanza-aprendizaje, ya que los alumnos ingresan a los cursos de electricidad y magnetismo con propios esquemas conceptuales acerca de los circuitos y la corriente eléctrica, lo malo es que estos esquemas persisten en sus estructuras, aún después de cursar las asignaturas relacionadas con el tema.

Debido a que la Facultad de Ciencias de la U.A.N. y el departamento de física pretenden hacer la implementación en los currículos de laboratorios virtuales para la enseñanza de la física, no se procura hacer una inclusión deliberada de estas herramientas TIC, sino por el contrario se traza como objetivo hacer un estudio sobre los aportes y ganancias de aprendizaje que podrían obtener los estudiantes de las carreras de ingenierías que durante su formación trabajan con laboratorios virtuales, cuestionándose sobre ¿Cuál sería la ventaja en el aprendizaje de conceptos de Electricidad y Magnetismo al involucrar en los procesos de formación de estudiantes de ingeniería de la Universidad Antonio Nariño actividades con laboratorios virtuales? Iniciando con los estudiantes que cursan las asignaturas de Física Mecánica y Electricidad y Magnetismo, el estudio se centra en distintos conceptos generales de la asignatura Electricidad y Magnetismo tales como, fuerza eléctrica, potencial eléctrico, resistencia y resistividad, circuitos eléctricos y ley de ohm, Capacitancia y ley de inducción de Faraday dando cabida a la pregunta de investigación que centra este estudio.

Justificación.

Se considera que el trabajo de investigación es pertinente para la comunidad, ya que es adecuado que los docentes e investigadores, aporten al diseño y desarrollo de propuestas de aula innovadoras utilizando las TIC. Así mismo, debido a que la Universidad Antonio Nariño de la ciudad de Bogotá presenta la oportunidad de hacer la investigación, y con el fin de dar solución a la problemática en la falta de material de laboratorio óptimo, se propuso la implementación de laboratorios virtuales en la enseñanza de la física, con el fin de observar mejoras en los aprendizajes de los estudiantes de ingenierías de dicha institución.

Así mismo, hay que tener en cuenta las afirmaciones de Salinas (2004) en el sentido que para lograr que las instituciones de educación superior logren una adaptación a las necesidades en inclusión de las TIC de la sociedad actual, deben ser más flexibles y

desarrollar vías de integración de estas en los procesos de formación. Paralelamente es necesario aplicar una nueva concepción de los estudiantes y los docentes, así como propiciar que los procesos de enseñanza-aprendizaje estén ligados a los cambios y avances tecnológicos situados en el marco de los procesos de innovación, por otro lado es necesario tener en cuenta la dinámica actual de la educación superior en la cual se presentan cambios permanentes y nuevas necesidades, es por esto que la U.A.N. ha realizado un análisis del entorno institucional, en el cual se evaluaron las tendencias de la educación superior a nivel nacional e internacional para los próximos años, así como los diferentes factores políticos, económicos, socioculturales y tecnológicos que pueden afectar el desarrollo de las instituciones, encontrando importancia en la implementación y fortalecimiento de las TIC, las cuales son fundamentales en la educación del siglo XXI debido a que estas contribuyen no sólo a la generación de sistemas académicos y administrativos más eficientes, sino a la educación en sí misma, ya que brinda soporte a las distintas alternativas educativas, como en el caso de los programas virtuales o a distancia.

En cuanto a la implementación de dichos laboratorios virtuales se pretende que esta sea en diferentes etapas o momentos, inicialmente el objetivo fue hacer una exploración de plataformas que ofrezcan laboratorios virtuales que estén validados y sean de acceso libre, luego de hacer la exploración e identificación de cuáles laboratorios virtuales son óptimos para articularlos con las temáticas que se trabajan en la asignatura Electricidad y Magnetismo, el objetivo inicial es consolidar unos documentos de trabajo que permitan hacer mediciones y relacionar variables presentes en los distintos fenómenos de dicha asignatura, es por esto que se pretende diseñar e implementar una estrategia de enseñanza, que incluya actividades previamente planeadas usando laboratorios virtuales. Para llegar a la observación de si realmente aportan o no a los estudiantes en sus procesos de formación, o en qué medida estas actividades mejoran los aprendizajes de los estudiantes, se pretende hacer un estudio particular para la población de la Universidad Antonio Nariño, con grupos experimentales y grupos de control de la asignatura.

Antecedentes

Los antecedentes que se trabajarán en el documento serán los que orienten la propuesta en diferentes ámbitos, en el ámbito pedagógico serán todos los elementos del aprendizaje significativo y aprendizaje utilizando las TIC y en el ámbito técnico las referencias en los antecedentes serán toda las plataformas que se utilizaron para la creación de los documentos de trabajo.

En el ámbito del aprendizaje significativo Silva (2008) en su investigación Doctoral propone un Modelo de Enseñanza de la Física Basada en el Aprendizaje Significativo, con el apoyo del trabajo cooperativo y ambientado en el Blended Learning entendiendo éste como un aprendizaje mixto, que combina lo presencial con lo virtual. La metodología de investigación se realizó en carreras de pregrado universitario comparando el rendimiento académico y el aprendizaje entre un grupo experimental y uno de control en la temática de las Ondas Mecánicas, los resultados de la investigación aseguran que la propuesta de enseñanza mejora en forma importante los rendimientos académicos en cuanto a los aprendizajes de los conceptos fundamentales de las ondas mecánicas. Los instrumentos TIC que utiliza el autor en la investigación son la plataforma Moodle, el correo electrónico y la página web de la Universidad de Playa Ancha, institución en la que se ejecutó la investigación, estructurando su propuesta en distintas fases como: Planeación estratégica y operativa del funcionamiento del grupo, Selección del material instruccional sobre el desarrollo de contenidos, ayudantías que corresponden a la entrega de problemas

resueltos, foros de discusión a través de la red, consultas virtuales y/o presenciales, talleres de resolución de problemas y elaboración de mapas conceptuales. El experimento se efectuó en dos instancias. La primera, a manera de experimento piloto, en el segundo semestre del año 2003, en el curso Física General II: Calor y Ondas, de la carrera de Ingeniería Informática. El otro, como experimento definitivo, en el primer semestre del año 2008, en el curso Oscilaciones, Ondas y Electromagnetismo, de la carrera de Pedagogía en Química y Ciencias. Todos estos cursos pertenecen a la población de la investigación en la Universidad de Playa Ancha. Una de las conclusiones que cobra más relevancia para el estudio es que en un ambiente semi-presencial (Blended Learning) que conlleva el uso de las TIC no es posible aplicarlas sin una planificación minuciosa, cuando los estudiantes se encuentran en un contexto personal, en el cual deben conciliar sus propios quehaceres académicos con un sinnúmero de actividades adicionales que implica una nueva metodología para ellos, diferente a la tradicional. Por ello, la planificación debe ser atractiva para que en ningún momento tengan la sensación de encontrarse sin la atención del profesor en la parte virtual.

En el ámbito de las TIC, Cabero (2008) explica que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) impactan en diferentes ámbitos de la sociedad, estas tecnologías también llamadas canales de comunicación, han ido penetrando en la educación, es decir que se han tomado como herramientas que son incluidas en experiencias formativas que por medio de estudios han ido evidenciando su incidencia en la formación de estudiantes, desvirtuando la creencia de ver al docente como la única y máxima fuente de información y conocimiento, ellas ofrecen distintas opciones para que los estudiantes tengan acceso a información y comunicación, aclarando que el acceso a esa información no se convierte espontáneamente en conocimiento, eso ya es un proceso que se puede dar en las aulas dependiendo de la planeación y manejo que el docente como orientador de procesos de formación académica debe dar, es por esto que se aclara que las TIC son solo herramientas que son parte de componentes curriculares y que su uso, éxito ó fracaso está netamente orientado por la persona que la utiliza y la correcta articulación que le den el docente y el estudiante en un proceso de enseñanza-aprendizaje.

Una herramienta TIC utilizada en la enseñanza de la física son los software's educativos y los laboratorios virtuales, el uso de materiales educativos digitales apoyados en simulaciones permite que los estudiantes visualicen el principio físico e inclusive interactúen con fenómenos y relacionen las variables del mismo a través de herramientas digitales dinámicas. Siendo estos laboratorios virtuales una herramienta complementaria de los medios didácticos tradicionales, que mediante el diseño y desarrollo de tareas que favorecen el aprendizaje significativo de los estudiantes permitiendo que los estudiantes trabajen con mayor motivación.

Por otro lado Cuesta & Benavente (2014) después de implementar una estrategia que mezcla el Aprendizaje Activo de la Física con software de análisis cuentan que después de su trabajo los estudiantes pudieron utilizar una metodología innovadora, en la que usando herramientas tecnológicas con las que ya estaban familiarizados pueden desarrollar un rol participativo y comprometido con la construcción de su propio aprendizaje. La estrategia de los autores tiene el valor agregado en el sentido que fomenta el trabajo en grupo generando reflexiones permanentes, explicitando ideas previas, avanzando sobre la experiencia y volviendo atrás para reformular sus creencias sobre los fenómenos.

La plataforma en la que se basa el presente trabajo es la de phetcolorado, la cual es una plataforma de acceso libre ofrecida por la Universidad de Colorado, el ingreso es libre para estudiantes y para docentes solicita contribuciones voluntarias sin establecer algún rango

o monto. Según phetnews (2008). El proyecto Phet surgió como un esfuerzo continuo para propiciar avances en la educación científica mediante la producción de alta calidad de simulaciones interactivas y la enseñanza por medio de materiales y entornos interactivos similares al juego, en el que los estudiantes aprenden a través de la exploración, las simulaciones ofrecidas hacen énfasis en las relaciones entre variables implicadas en la explicación de fenómenos reales y la ciencia subyacente, la intención de las simulaciones es hacer visible lo invisible (mediante representaciones) elementos de la naturaleza como por ejemplo electrones, fotones o vectores de campo e incluyen los modelos mentales, visuales que utilizan los expertos para ayudar a su forma de pensar. Las simulaciones son soportadas en la plataforma JAVA y su desarrollo participan investigadores de la Universidad de Colorado con su equipo de científicos, ingenieros de software y profesores de ciencias cuyo objetivo es optimizar las simulaciones para que la participación de los estudiantes genere eficacia educativa, bajo la premisa que las simulaciones son más eficaces cuando se integran con actividades de investigación guiada siempre y cuando estimulen a los estudiantes a construir su propia comprensión de fenómenos y relación de variable del mismo.

Wieman et al (2008) comentan que el proyecto Phet con dirección web <https://phet.colorado.edu/> ha desarrollado múltiples aplicaciones que abarcan diversos temas en diferentes áreas del conocimiento como Física, Química, Biología, Matemáticas y Ciencias de la Tierra. Las simulaciones son ejecutadas a través de los distintos navegadores web comunes los autores cuentan que una simulación phet puede tardar varios meses para ser creada y publicarse, éstas llevan entre 10.000 y 20.000 líneas de código, y se pone a prueba a través de una serie de entrevistas con estudiantes. Estas simulaciones se utilizan distintos países en todos los niveles de educación. En las simulaciones de phetcolorado, la presentación visual permite al estudiante una interacción directa dan en distintos fenómenos, ayudando a responder preguntas y desarrollar su comprensión científica, se utilizan gráficos animados para permitir a los usuarios desarrollar sus propios modelos mentales y la comprensión de la ciencia. En las interacciones que se proponen para el trabajo con las simulaciones la intención es que los estudiantes entren en el campo de interactuar y luego pensar en voz alta, propiciando que dicha interacción conduzca al aprendizaje. En la página web los estudiantes encuentran que las simulaciones son de carácter divertido e intelectualmente atractivas. Los entornos dinámicos visuales de las simulaciones son controlados directamente por el usuario, su funcionamiento no es ni demasiado difícil ni demasiado fácil, y lo suficientemente visual para crear curiosidad sin complejidad al no ser abrumador.

Lo comentado por phetTeam en su página web va de la mano con la intencionalidad que tiene la Facultad de Ciencias en el sentido de ver los laboratorios virtuales más como un complemento que como en reemplazo de los laboratorios reales, lo que comenta phetTeam es que en algunos casos las simulaciones “...*Son más eficaces para la comprensión conceptual; Sin embargo, hay muchos objetivos de laboratorios reales que las simulaciones no abarcan. Por ejemplo, las habilidades específicas relacionadas con el funcionamiento de los equipos de laboratorio...*” Dependiendo de los objetivos de aprendizaje, puede ser más efectivo utilizar una simulación de la página o una combinación con equipos reales. Así mismo se considera que es importante generar en el aula un factor de motivación para el trabajo con simulaciones ya que no son muchos los estudiantes que se toman el trabajo de “jugar” con las simulaciones en sus tiempos libres.

Un hecho favorable para justificar el uso de las simulaciones phet en la educación es el comentado por PhetNews (2008) donde comenta que en Uganda se implementaron dos

talleres de 2 días en una escuela secundaria, en ese país muchas escuelas están ubicadas en zonas rurales donde no es posible el trabajo con equipo de laboratorio, pero hay mucha disponibilidad de trabajar utilizando las computadoras, haciendo el trabajo con simulaciones volviéndolas una herramienta ideal para la enseñanza, como resultado se encontró que “...sorprendente ver la rapidez con la que los estudiantes fueron capaces de iniciar el uso y el aprendizaje de las simulaciones, a pesar de que muchos Nunca se había utilizado antes una computadora...”

Orozco (2012) Realizó una publicación que orienta mucho la presente investigación ya que también combinó el A.A.F. con el uso de simulaciones ofrecidas por PhetColorado para mejorar procesos de enseñanza de la física pero en estudiantes de Bachillerato a distancia, diferenciándose en que esta es para estudiantes de carreras profesionales y no solo en ámbitos de educación a distancia sino presenciales, debido a que los nuevos programas de estudio están diseñados con base en competencias tomó la decisión de diseñar unos materiales de estudio bajo un enfoque por competencias, guiando en primera instancia a los estudiantes a que inicialmente comprendan un fenómeno físico, y así mismo llevarlo a la construcción de la definición formal de conceptos utilizando como referencia el A.A.F. en conjunto con las simulaciones de PhetColorado, el trabajo propuesto se fundamenta bajo 5 principios que dan cabida al A.A.F. Expuestos por Redish et al (2006) estos principios son el Principio Constructivista, Principio de Contexto, Principio del Cambio, Principio de la Función de Distribución y el Principio del Aprendizaje Social. Tomando las premisas del A.A.F. junto con los 8 pasos recomendados para incorporar las CID en la enseñanza pero hace un reemplazo por las simulaciones Phet, La actividad propuesta es sobre el campo magnético de un imán y porqué se alinea de cierta manera con el campo magnético terrestre, es importante resaltar que no se salta los pasos del ciclo PODS, pero al ser una implementación a distancia la discusión y la síntesis se da por medio de un foro, la conclusión de la publicación que más orienta y se tiene en cuenta para esta investigación es la que destaca que sí se puede adaptar las CID a la educación en línea, pero como es una aproximación, se recomienda realizar el seguimiento del aprovechamiento de los estudiantes, aplicando un *pretest* antes de un tema en específico y un *postest*, para luego calcular la ganancia de aprendizaje hacer y verificar si esta es adecuada o si hay posibilidad de mejorar la actividad planteada, el trabajo mostrado es solo un acercamiento inicial y se requiere más tiempo para el diseño del Proceso de enseñanza-aprendizaje con simulaciones, así como para los materiales interactivos y analizar cuándo es mejor que el alumno realice un experimento en su casa con materiales de bajo costo, o que el alumno utilice las simulaciones Phet.

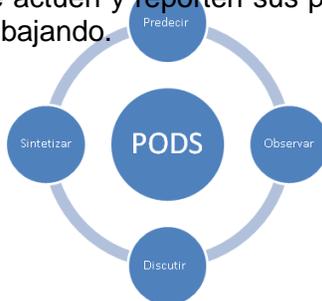
Aprendizaje Activo de la Física.

En el transcurso de los años se han realizado investigaciones que comprueban que cuando los docentes orientan clases de una manera tradicional, entendiendo esta manera de enseñanza como las clases centradas netamente en el docente y la repetición continua de ejercicios y problemas de aplicación por parte de éste, los estudiantes no logran interiorizar los conceptos expuestos sino que por el contrario solo memorizan procesos matemáticos, McDermontt & Shaffer (2001) comentan que después de que los estudiantes cursan una asignatura típica, muchos de ellos no están en la capacidad de contextualizar a situaciones aplicables los formalismos físicos y matemáticos que han aprendido a situaciones diferentes a las que han memorizado, por lo que Margalef & Álvarez (2005) en su publicación sugieren diseñar estrategias de enseñanza que involucren al estudiante en la participación activa de su propio proceso de formación.

Para Raviolo & Álvarez (2012) el acto de educar y aprender se considera como una práctica social que involucra un conjunto de acciones con un propósito pedagógico, en este proceso se debe buscar, y registrar lo que sucede, procurando realizar descripciones y explicaciones que permitan una mayor interpretación de los procesos estudiados, en cuanto a esto Margalef (2005) resalta que *“...los estudiantes tienen que aprender por sí mismos, nadie aprende por otro. El alumno tiene que transformar la información en conocimiento y este en sabiduría...”* como estrategia para ello y para re orientar las prácticas educativas surgen las estrategias de aprendizaje activo, que cumplen con el reto de generar cambios conceptuales y aprendizajes significativos en los estudiantes, destacándose como una herramienta esencial para la innovación educativa, de estas enseñanza activa Mammino (2007) señala su concepto es un complemento al concepto de aprendizaje, porque los estudiantes tienen un rol activo en su propio aprendizaje y el maestro es su guía. Escudero et al (2007) exponen que las mejores metodologías docentes son de tipo activo y éstas se componen de diversas etapas en la enseñanza e incluyen diversos métodos como aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, práctica en el laboratorio, tutorías o el empleo de las TIC. Tal como comentan Serrano y Prendes (2012) en una estrategia de aprendizaje activo el docente debe restar importancia a la transmisión de la información y centrarse en la exploración de habilidades y aptitudes de los estudiantes propiciando que se involucren activamente en las clases, participen en actividades relacionadas con los temas expuestos por medio de discusiones o debates sobre aspectos específicos y así desarrollar su capacidad de análisis, de síntesis y de evaluación.

Dentro de estas estrategias de aprendizaje activo se enmarca el aprendizaje activo en la física el cual Sokoloff & Thornton (2004) comparan con la enseñanza magistral señalando que por ejemplo el aprendizaje pasivo enseña contenidos, el profesor y los libros de texto son la única fuente de conocimiento el aprendizaje activo enseña a aprender y el profesor y los libros de texto son solo una guía y las observaciones realizadas del mundo físico real son fuente de conocimiento, mientras que Mora (2008) Considera el aprendizaje activo en la física como *“...el conjunto de estrategias y metodologías para la enseñanza-aprendizaje de la Física, en donde los alumnos son guiados a construir su conocimiento de los conceptos físicos mediante observaciones directas del mundo físico”*. Por otro lado Cerro et al. (2007) resalta que *“...las estrategias de Aprendizaje Activo deben considerar fundamentalmente que los Estudiantes se involucren activamente en las clases, participen en actividades relacionadas con los temas expuestos, como son la lectura, los debates y estas a su vez aumentan la motivación en el aula permitiendo que los estudiantes desarrollen su capacidad de análisis, de síntesis y evaluación.”* Pero así mismo comenta que *“...Normalmente, no es posible cubrir todos los contenidos programáticos planeado ya que las técnicas de Aprendizaje Activo requieren mayor tiempo de preparación de las clases y la disponibilidad de material y soporte técnico necesario para llevar a cabo métodos de Aprendizaje Activo suele ser escasa...”*

Sokoloff et al. (2006) demandan que en el Aprendizaje Activo los estudiantes efectúen predicciones, observaciones, discusiones y síntesis formando así el ciclo de aprendizaje (PODS) con el objetivo de que actúen y reporten sus propios enfoques y resoluciones a las situaciones que se estén trabajando.



Esquema 1. Ciclo PODS

Otro aspecto relevante dentro del aprendizaje activo de la física son las Clases Demostrativas Interactivas (CID) que siguen una estructura planeada por Sokoloff & Thornton (2004) quienes proponen que los estudiantes trabajan de manera colaborativa en equipos de trabajo de tres o cuatro integrantes, utilizando ocho pasos que pueden guiar una secuencia experimental para obtener resultados positivos. Estos son:

El docente debe describir las demostraciones y hacerlo en el aula de clase, sin tomar mediciones.

Se solicita a los estudiantes que se registren en forma personal en una hoja sus predicciones sobre el fenómeno de estudio. Ésta es recogida, y se identifica por el nombre de cada estudiante. (Los estudiantes se aseguran de que esta hoja no se califique, aun cuando en algunos cursos a ellos se les recompensa con la asistencia y participación en estas sesiones)

Los estudiantes se agrupan en pequeños grupos de discusión con uno o dos de sus vecinos.

El docente es el encargado de elegir las predicciones comunes de toda la clase.

Los estudiantes registran sus resultados en una hoja final de predicción.

El docente hace la demostración con medidas (por lo regular gráficas hechas por herramientas del laboratorio basadas en microcomputadoras) apoyándose en dispositivos existentes en su laboratorio (múltiples monitores, LCD, o proyector de computadora).

Algunos estudiantes describen los resultados y los discuten en el contexto de la demostración. Los estudiantes pueden llenar una hoja de resultados, idéntica a la de predicciones, la cual se puede llevar para futuros estudios.

Los estudiantes, el instructor o ambos discuten fenómenos Físicos análogos, con diferentes datos (es decir diferentes situaciones físicas basadas en los mismos conceptos).

Tabla 1 pasos sugeridos para guiar una secuencia experimental

Este Aprendizaje Activo de la Física se puede complementar con el uso de herramientas tecnológicas ya que como lo plantea Thornton & Sokolof (1990) las herramientas tecnológicas 1) Permiten a los estudiantes dirigir su práctica sin gastar buena parte del

tiempo en recolectar datos para su demostración. 2) Los datos se pueden graficar en tiempo real y permiten a los estudiantes recibir retroalimentación inmediata y analizar los datos en forma comprensible. 3) Debido al hecho de que los datos son rápidamente obtenidos y analizados, los alumnos pueden examinar fácilmente las consecuencias de un gran número de cambios en las condiciones experimentales durante una sesión de laboratorio permitiendo observar una adecuada relación de variables de los fenómenos 4) Las herramientas de hardware y software son generales, es decir, independientes de los experimentos, por lo que los estudiantes son capaces de enfocarse en la investigación de muchos fenómenos físicos sin perder tiempo usando instrumentos más complicados. 5) Las herramientas tecnológicas no determinan ni el fenómeno a investigar, los pasos de la investigación, ni el nivel o sofisticación del objetivo de aprendizaje por lo que son útiles desde el nivel elemental hasta el universitario.

Propuesta Desarrollada

El trabajo se centra en el desarrollo de laboratorios virtuales implementados bajo las propuestas del A.A.F. pero en el desarrollo del ciclo PODS se hace una variación en la observación reemplazándola por la visualización de fenómenos por medio de simulaciones disponibles en plataformas de acceso libre, así mismo se pretende no hacer solo una observación pasiva sino que esté orientada al análisis en la relación de las variables implicadas en los fenómenos escogidos para llevar al aula. Los documentos desarrollados también se ajustan al formato de prácticas que lleva la Facultad de Ciencias de la U.A.N. Lo cual genera que cada documento contenga una estructura general con un encabezado, los objetivos de cada documento, referentes conceptuales y marco teórico, actividades previas al laboratorio, procedimiento, análisis cuantitativos y cualitativos de los fenómenos conclusiones y bibliografía.

Previo y posterior al trabajo propuesto y con el fin de evaluar si el éste fue efectivo o no, se diseñó un pre y postest de selección múltiple con única respuesta, el test aplicado para las pruebas pre y post consta de 23 preguntas, todas ellas de selección múltiple con una única respuesta, de acuerdo a los lineamientos de la U.A.N. la nota máxima que puede obtener un estudiante es 5,0 y la nota mínima es de 0,0, por lo cual cada pregunta tiene un valor de 0,22. Algunas de las preguntas fueron aportadas por profesores del departamento de Física de la U.A.N. y pretenden hacer parte de una evaluación formativa en la enseñanza de la física en cuanto a la comprensión de conceptos, relación de variables de distintos fenómenos y el funcionamiento de diferentes artefactos de la vida cotidiana que para su funcionamiento requieren de avances científicos y tecnológicos, en este caso relacionados con la electricidad y el magnetismo, los test esta enfocados a conceptos como

- Fuerza Eléctrica, cuyo enlace de trabajo es: <https://sites.google.com/site/fisicafash/home/coulomb>
- Campo y Potencial Eléctrico, cuyo enlace de trabajo es: http://phet.colorado.edu/sims/charges-and-fields/charges-and-fields_es.html
- Capacitancia, cuyo enlace de trabajo es: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/capacitor-lab>
- Resistividad y ley de ohm, cuyo enlace de trabajo es: https://phet.colorado.edu/sims/ohms-law/ohms-law_es.html
- Circuito R-C, cuyo enlace de trabajo es: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-ac>

- Ley de Inducción de Faraday, cuyo enlace de trabajo es:
<https://phet.colorado.edu/es/simulation/faraday>

Luego de aplicar los test antes de las actividades propuestas se procedió a realizar la confiabilidad del mismo, para ello se utilizó en el pretest el método de mitades partidas, que como comenta Hernández et al (2010) el total de los resultados del test se divide en dos mitades equivalentes y se comparan los resultados de ambas, el instrumento planteado es confiable si las puntuaciones de las dos mitades están correlacionadas, del total de 140 pruebas presentadas en el grupo experimental los resultados de la mitad A es decir 70 estudiantes obtuvieron los siguientes resultados:

Mitad A, promedio de 1,06

Mitad B, promedio de 1,00

Luego de aplicar el test antes de iniciar la implementación de la propuesta (pretest) se procedió a hallar la confiabilidad y la validez del instrumento aplicado, encontrando un coeficiente de correlación entre las matrices de las mitades A y B (r_p de 0,612) encontrando una confiabilidad aceptable.

$$r_p = 0,612$$

Posteriormente se halla la validez con la ecuación de Spearman-Brown.

$$r_{xx} = \frac{2r_p}{1 + r_p} = \frac{2 * 0,612}{1 + 0,612} = 0,759$$

Obteniendo una validez entre aceptable y elevada del test propuesto para iniciar la investigación.

Por otro lado, posterior a la aplicación de los postest a los grupos experimentales se analizó los resultados obtenidos para obtener el coeficiente alfa de Cronbach que permite medir la consistencia interna de los datos obtenidos y como comenta Hernández (2010) funciona para determinar la confiabilidad de los datos obtenidos, obteniendo un valor de 0,556 del coeficiente alfa de Cronbach

Encontrando una confiabilidad aceptable.

$$r_p = 0,556$$

Posteriormente se halla la validez con la ecuación de Spearman-Brown

$$r_{xx} = \frac{2r_p}{1 + r_p} = \frac{2 * 0,556}{1 + 0,556} = 0,714$$

Obteniendo una validez entre aceptable y elevada del test propuesto para luego de culminar el trabajo con laboratorios virtuales de los grupos experimentales.

Factor de Hake.

Después de aplicar el pretest antes de la ejecución de las actividades con laboratorios virtuales aplicados bajo los lineamientos del A.A.F. y el postest después de ejecutar las actividades, se analizará la ganancia de aprendizaje por parte de los estudiantes, Hake (1998) en su trabajo propone una expresión matemática para calcular la ganancia relativa del aprendizaje en estudiantes que presentan evaluaciones de tipo selección múltiple por medio factor g de Hake, de acuerdo a los resultados obtenidos se podrá concluir si efectivamente los documentos construidos con su metodología de trabajo, las herramientas llevadas al aula y su metodología fueron efectivas y cumplieron los objetivos trazados, la expresión matemática es:

$$g = \frac{(\%postest) - (\%pretest)}{5,0 - (\%pretest)}$$

Siendo 5,0 la nota máxima que pueden obtener los estudiantes en la U.A.N. De acuerdo a los resultados obtenidos se establece tres rangos de medida de la ganancia de aprendizaje.

- Zona de ganancia alta sí el factor de Hake cumple con $g \geq 0,7$
- Zona de ganancia media sí el factor de Hake cumple con $0,3 \leq g < 0,7$
- Zona de ganancia baja sí el factor de Hake cumple con $g < 0,3$

Resultados

En el desarrollo del laboratorio virtual de Fuerza eléctrica se tiene un entorno de trabajo en el cual se tienen dos cargas eléctricas y la plataforma muestra unos datos de fuerza eléctrica, distancia entre las cargas y se puede variar la masa y la carga de ellas.

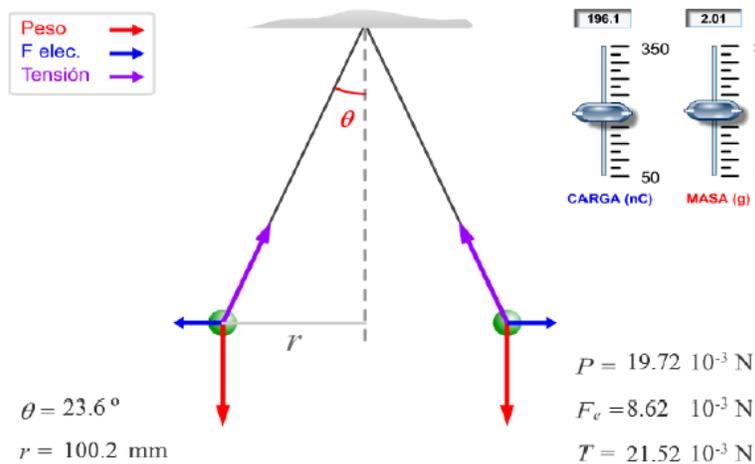


Figura 1. Entorno de trabajo del laboratorio virtual escogido para la ley de Coulomb

En el trabajo se solicita al estudiante que de una configuración acomodada a su gusto al sistema de cargas que muestra la plataforma (valor de la carga y de la masa) y observe los valores de la fuerza electrostática y la distancia, posterior mente aumente la masa de las cargas, pero mantenga constante el valor de las carga, a partir de esto desarrolle el ciclo PODS para explicar qué sucederá con el valor de la distancia entre las cargas y la fuerza electrostática?" Obteniendo respuestas de este tipo:

Predicción	Observación
A mayor masa menor distancia por el peso de las cargas.	Se observa que en la masa inicial de 1.4 g está a 63.3 mm y 14.7°. Cuando se cambia la masa de las cargas a 2.08 g las distancia cambia a 55.6 mm y 12.9°
Discusión	Síntesis
Entre la predicción y observación no hay diferencia ya que pasó que lo a mayor masa menor distancia.	La masa de 1.4 g pasó a 2.08 g hacienda que se acortara la distancia.

Predicción	Observación
Que este resultado no depende de la distancia r entre las dos partículas	P= aumenta F elect= aumenta Tensión= aumenta
Discusión	Síntesis
En esta situación, la fuerza gravitatoria es despreciable	Que mientras P, Felect t T Aumentan el r disminuye

Así mismo para el laboratorio virtual de campo y potencial eléctrico se tiene un entorno en el cual se pueden trasladar cargas positivas y negativas al escenario, y a partir de diferentes configuraciones de cargas se puede encontrar la magnitud y dirección del campo eléctrico generado por las cargas, se puede dibujar las superficies equipotenciales y hallar el potencial eléctrico.

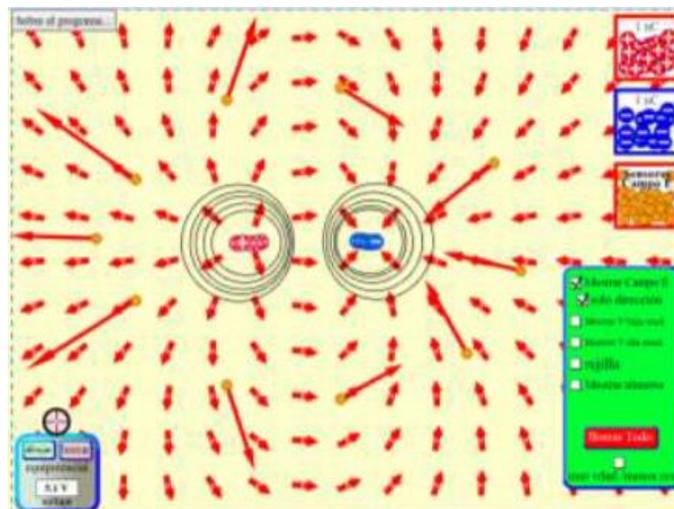


Figura 2. Escenario de trabajo del laboratorio virtual escogido para abordar la temática de Campo eléctrico

En este entorno de trabajo se le solicita al estudiante que ubique una carga + en un punto central de su área de trabajo y observe el campo eléctrico E, describa lo que observa y desarrolle el ciclo PODS para analizar como es el campo con respecto a la carga, y qué sucede con la intensidad de él si sobrepone más carga positivas sobre la carga inicial, active las opciones para mostrar solo la dirección del campo eléctrico en alta resolución”

Predicción	Observación
En dos cargas positivas o más la intensidad el campo eléctrico tiende a aumentar.	En la simulación en una carga positiva se observa su campo eléctrico, la dirección de las líneas de campo y el voltaje.
Discusión	Síntesis
Al colocar una carga positiva en distancia a otra carga positiva se repelen como ilustra la simulación, pero al colocarlas juntas su campo eléctrico aumenta.	Al sobreponer cargas positivas sobre una carga positiva aumenta la intensidad del campo eléctrico y el voltaje.

Luego de desarrollar actividades de este tipo para los 6 laboratorios virtuales propuestos, para establecer el nivel de ganancia de aprendizaje y analizar si el trabajo fue efectivo, se utilizó el parámetro factor de hake analizando la cantidad de respuestas acertadas y erradas de los pre y postest en los grupos experimentales y los grupos de control.

A continuación se muestra la tabla 2 con los resultados generales en el pretest de los estudiantes de los grupos experimentales, numerando desde el 1 al 140 los estudiantes que lo respondieron.

Resultados Pretest con un total de 23 preguntas para los Grupos Experimentales							
Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %
1	1,5	36	1,7	71	1,5	106	1,5
2	1	37	2	72	0,6	107	2
3	1,1	38	0,6	73	0,6	108	0,9
4	1	39	1,7	74	0,9	109	1,1
5	1	40	1,7	75	0,6	110	1,7
6	1,5	41	2	76	1,5	111	1,2
7	1,7	42	0,9	77	1,6	112	0,9
8	1,7	43	0,9	78	1,5	113	0,5
9	1,5	44	1	79	1,5	114	0,5
10	1,3	45	1	80	0,4	115	1
11	0,6	46	0,9	81	0,6	116	1
12	0,6	47	1,5	82	0,6	117	1,7
13	0,8	48	2	83	1,5	118	2,6
14	1	49	0,9	84	0,8	119	1
15	1,5	50	0,9	85	1,7	120	0,7
16	0,4	51	1	86	0,8	121	1
17	0,6	52	0,9	87	1,1	122	0,7
18	1,1	53	1	88	1,1	123	1
19	1,5	54	0,5	89	1,5	124	0,7
20	1	55	1	90	0,4	125	1,1
21	0,8	56	0,9	91	1,1	126	0,7
22	0,8	57	0,9	92	0,8	127	0,5
23	0,8	58	1	93	0,8	128	0,9
24	0,6	59	1	94	0,8	129	0,9
25	0,6	60	1,5	95	1	130	0,5
26	0,6	61	1	96	1,1	131	0,7
27	1	62	0,9	97	1	132	0,9
28	1,7	63	0,7	98	1,5	133	0,7
29	0,9	64	1	99	0,8	134	0,7
30	0,9	65	1	100	0,9	135	1,1
31	0,9	66	0,5	101	1,1	136	0,7
32	0,5	67	0,9	102	1,5	137	0,7
33	0,9	68	0,5	103	0,9	138	0,5
34	0,9	69	2	104	1	139	0,9
35	1,1	70	0,9	105	1,1	140	0,7

Tabla 2. Resultados en los pretest de los grupos experimentales.

A continuación se muestra la tabla 3 con los resultados generales en el postest de los estudiantes de los grupos experimentales, numerando desde el 1 al 140 los estudiantes que lo respondieron.

Resultados Postest con un total de 23 preguntas para los Grupos Experimentales							
Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %
1	4,2	36	3,8	71	4,2	106	3,9
2	4,4	37	3,8	72	2,6	107	3,8
3	4,4	38	3,6	73	4,4	108	3,9
4	4,7	39	4	74	3,5	109	3,4
5	4	40	3,8	75	4,2	110	3,1
6	4,3	41	3,8	76	3,7	111	3,6
7	4,1	42	4	77	3	112	4,5
8	3,8	43	3,6	78	3,3	113	3,8
9	4,1	44	3,5	79	3,4	114	4,3
10	4,6	45	3,1	80	3,9	115	4
11	4,1	46	4,2	81	3,7	116	3,8
12	4,8	47	3,1	82	4	117	3,5
13	4,2	48	4,2	83	4,4	118	3,5
14	3,8	49	3,7	84	4	119	3,9
15	3,9	50	2,9	85	3,7	120	3,8
16	4,3	51	4,2	86	3,9	121	3,6
17	4,1	52	3,8	87	2,6	122	4,1
18	3,5	53	3,6	88	3,3	123	3,7
19	5	54	4,4	89	4,4	124	3,1
20	3,4	55	3,7	90	4,2	125	3,4
21	3,7	56	3,5	91	3,9	126	3,7
22	3,7	57	4	92	4	127	3,4
23	3,3	58	3,4	93	3,6	128	4,5
24	3,4	59	3,7	94	3,2	129	4
25	3,5	60	3,8	95	3,5	130	4,6
26	3,5	61	3,2	96	3,5	131	3,1
27	5	62	4,4	97	3,1	132	4,2
28	3,5	63	4,4	98	4	133	3,4
29	3,7	64	3,7	99	3	134	4,4
30	4,5	65	3,7	100	3,6	135	4,5
31	5	66	3,8	101	3,7	136	3,6
32	3,4	67	3,5	102	4	137	3,7
33	3,6	68	3,4	103	3,4	138	3,4
34	3,4	69	4,4	104	3,8	139	3
35	5	70	4,4	105	3,1	140	3,1

Tabla 3. Resultados en los postest de los grupos experimentales.

A continuación se muestra la tabla 4 con los resultados generales en el pretest de los estudiantes de los grupos de control, numerando desde el 1 hasta el 46 los estudiantes que lo respondieron.

Resultados Pretest con un total de 23 preguntas para los Grupos de Control							
Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %
1	1	13	2,2	25	0,9	37	1,5
2	1,5	14	2,1	26	0,5	38	1,1
3	0,7	15	1,9	27	1,7	39	1,3
4	0,9	16	1,7	28	1,9	40	1,7
5	0,9	17	1	29	0,7	41	1,5
6	1,7	18	1,1	30	1,7	42	1
7	2,2	19	2,2	31	1,9	43	0,9
8	2,3	20	1,7	32	0,7	44	1,7
9	1,9	21	0,7	33	1,7	45	0,7
10	1,7	22	1,9	34	1,9	46	1,9
11	0,5	23	2,1	35	0,7		
12	1,9	24	0,7	36	0,9		

Tabla 4. Resultados en los pretest de los grupos de control.

A continuación se muestra la tabla 5 con los resultados generales en el postest de los estudiantes de los grupos de control, numerando desde el 1 hasta el 46 los estudiantes que lo respondieron.

Resultados Pretest con un total de 23 preguntas para los Grupos de Control							
Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %	Estudiante	Porcentaje %
1	3,1	13	2,5	25	3,4	37	3,3
2	2	14	3,6	26	3,1	38	2,5
3	2,5	15	3,6	27	3,6	39	2
4	3,4	16	2,5	28	3,6	40	3,6
5	3,7	17	2,8	29	3,6	41	2,9
6	3,7	18	3	30	3,1	42	3,5
7	3,5	19	3,6	31	2,4	43	3,5
8	3,6	20	3,3	32	3	44	2,7
9	2,3	21	3	33	3	45	2,4
10	3,4	22	3,1	34	3,3	46	3,1
11	3	23	3,4	35	3		
12	3,1	24	3	36	3,1		

Tabla 5. Resultados en los postest de los grupos de control.

A partir de los resultados mostrados en las tablas 2 a 5 se hallan los promedios de cada grupo para calcular la ganancia de Hake, para los grupos experimentales y de control:

Grupos Experimentales		Grupos de Control	
Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
1,03	3,81	1,40	3,06

Tabla 6. Porcentajes promedio de los pre y postest de los grupos experimentales y de control

Grupos Experimentales	Grupos de Control
$g = \frac{3,81 - 1,03}{5 - 1,03} = 0,70$	$g = \frac{3,06 - 1,40}{5 - 1,40} = 0,46$

Tabla 7. Ganancias de Hake para los grupos experimentales y de control

En el siguiente gráfico se puede observar mejor las ganancias de Hake para los grupos.

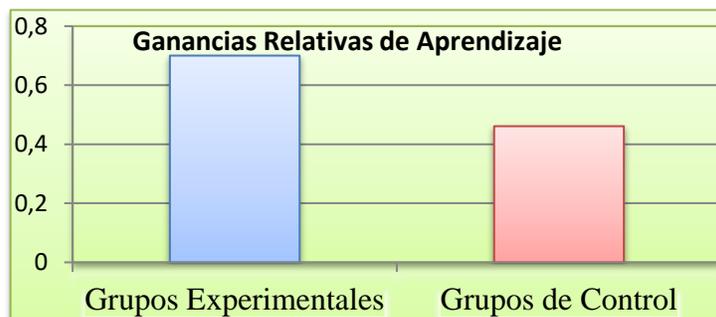


Gráfico 1. Ganancias de Hake para los grupos experimentales y de control

Del anterior gráfico se puede observar que para el test propuesto en la investigación el valor de g para el grupo experimental es de 0,70 la cual es una ganancia alta y que a su vez los grupos de control demostraron una ganancia de 0,46 que es una ganancia media pero mayor que

Así mismo para analizar qué tan significativo es el trabajo propuesto con los laboratorios virtuales, se aplicó la prueba *t* de Student a los datos de las tablas 2 a 5 con el programa Microsoft Excel obteniendo los siguientes resultados.

	Variable 1	Variable 2
Media	3,807857143	1,030714286
Varianza	0,234398253	0,167898767
Observaciones	140	140
Coefficiente de correlación de Pearson	0,019808305	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	139	
Estadístico t	52,32062977	
P(T<=t) una cola	1,22523E-93	
Valor crítico de t (una cola)	1,655889868	
P(T<=t) dos colas	2,45046E-93	
Valor crítico de t (dos colas)	1,977177724	

Tabla 11. Análisis t de student para el test general

La gráfica de distribución para esta pregunta, se muestra en la siguiente figura:

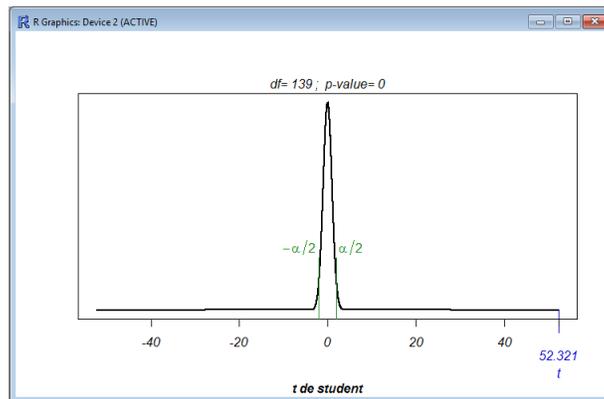


Figura 1. Curva t de student para el test general.

La hipótesis nula para este caso es que: “No hay diferencia significativa entre la media del pre-test y la del pos-test”. En esta gráfica se puede apreciar claramente que el valor de *t* queda fuera del área de aceptación de la hipótesis nula; por lo tanto esta se rechaza, demostrando que la aplicación de la estrategia de aula propuesta si es significativa.

Conclusiones.

El comparación a los grupos de control en los que se trabajó las temáticas de manera tradicional, los grupos experimentales en los que se implementó la enseñanza utilizando laboratorios virtuales obtuvo mayores ganancias de aprendizaje, lo cual permite afirmar que la estrategia propuesta junto con las herramientas que la componen permiten mejorar la enseñanza de conceptos generales de la asignatura Electricidad y Magnetismo en estudiantes de ingenierías de la U.A.N.

Así mismo en este trabajo es posible resaltar el uso de las TIC como unas herramientas que si se les da un buen enfoque pedagógico, con una buena preparación son bastante útiles para resolver el problema de desmotivación en el

aula y la falta de recursos y material de laboratorio, estas herramientas también llegan a ser útiles para generar confianza en los estudiantes ya que al no interactuar en primera instancia con materiales reales, no tendrán miedo de hacerse daño con estos. También se puede afirmar que el uso de las TIC en la enseñanza de la física mejoran la motivación hacia las actividades planteadas para la clase ya que en el desarrollo de las sesiones como observador, docente y orientador se vio un cambio positivo en la actitud de los estudiantes hacia la clase de física trabajando activamente con gusto y los laboratorios virtuales son herramientas que se son útiles para simular fenómenos físico que por distintas razones no son posibles de visualizar experimentalmente, aunque nunca llegarán a reemplazarlos como tal.

Referencias.

- Cabero, J. (2008). *Las aportaciones de las nuevas tecnologías a las instituciones de formación continuas: reflexiones para comenzar el debate*. Departamento de didáctica y organización escolar universidad complutense-uned. Las organizaciones ante los retos del siglo XXI, 1143-1149. (ISBN: 84-600-9507-X).
- Campos, M. (2009). *CONCEPTOS ERRADOS EN CIRCUITOS ELÉCTRICOS "Dificultades relacionadas con la corriente eléctrica en un circuito de corriente continua"*. Revista Ciencia Ahora nº 24, año 12, julio a diciembre 2009.
- Cuesta, A & Benavente, M. (2014). *Uso de TIC en la enseñanza de la Física: videos y software de análisis*. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación.
- Cerro, et al. (2007). *Aprendizaje activo basado en la iniciación a la investigación en la enseñanza de la física y la química en primer curso de carrera*. Departamento de Ingeniería Civil: Tecnología Hidráulica y Energética Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas Universidad Politécnica de Madrid.
- Escudero, P et al (2007). *Aprendizaje activo de la Física y la Química*. Introducción. En G. Pinto (Ed.), Madrid: Equipo Sirius, 1114
- Fredette, N. y Lockhead, J. (1980). *Students conceptions of simple circuits*. The Physics Teacher, March, 194-198.
- Hake, R. (1998). *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. American Journal of Physics - 66, 64-74
- Hernández, R. (2010). *Metodología de la investigación*. Ed. Mc. Graw Hill.
- Mammino, L. (2007). *"Enseñanza y aprendizaje activos de la componente teórica: desafíos, reflexiones y experiencias"*. *Aprendizaje activo de la física y la química*. Madrid: En Pinto, G. (Ed.), Equipo Sirius, pp. 425-432.
- Margalef, L. (2005). *Innovar desde dentro: transformar la enseñanza más allá de la convergencia europea*. *Revista Iberoamericana de Educación*, 37, (3), 112

- Margalef, L & Álvarez, J. (2005). *la formación del profesorado universitario para la innovación en el marco de la integración de espacio europeo de educación superior*. Revista de Educación, núm. 337 (2005), pp. 51-70.
- McDermontt, L. C., & Shaffer, P. S. (2001). *Tutoriales Para Física introductoria*. Buenos Aires: Pearson.
- Mora, C. (2008). *Cambiando paradigmas en la enseñanza de las Ciencias: Consideraciones del Aprendizaje Activo e la Física*. Areté, V. 1 - N. 1.
- Orozco, J. (2012). *El aprendizaje activo de la Física en los cursos en línea del IPN*. Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia número 7, año 4, febrero de 2012.
- Phetnews (2008). *Welcome to our first newsletter!* PhetNewsletter Issue I Disponible en: https://phet.colorado.edu/newsletters/phet_newsletter_july16_2008.pdf Consultado el 14-2-2017. A las 10:00 am.
- Raviolo, A. & Alvarez, M. (2012). *Uso y creación de simulaciones en la formación del profesorado: Unidad didáctica sobre el movimiento oscilatorio armónico*. *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 6, No. 4, Dec. 2012*.
- Redish, E. et al (2006), *Reverse- Engineering the Solution of a 'Simple' Physics Problem: Why Learning Physics Is Harder Than It Looks*. The Physics Teacher, vol. 44, mayo, University of Maryland, College Park.
- Salinas, L (2004): *¿Qué se entiende por una institución de educación superior flexible?* En Cabero, J. y otros (coord.): *Las Nuevas tecnologías para la mejora educativa*. Sevilla: Kronos, pp. 451-466.
- Serrano, J. y Prendes, M (2012). *La enseñanza y el aprendizaje de la física y el trabajo colaborativo con el uso de las TIC*. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa Vol 11(1) (2012) 95107*
- Silva, R. (2011). *La Enseñanza De La Física Mediante Un Aprendizaje Significativo Y Cooperativo En Blended Learning*. Universidad De Burgos Programa Internacional De Doctorado Enseñanza De Las Ciencias Departamento De Didácticas Específicas.
- Sokoloff, D. & Thornton, R. (2004). *Interactive Lecture Demonstration Active Learning in Introductory Physics*. USA: John Wiley & Sons Inc.
- Sokoloff, D. et al (2006). *Active Learning in Optics and Photonics*. 1th edition. UNESCO. Paris, France.
- Thornton, R. & Sokolof, D. (1990). *Learning motion concepts using-time microcomputerbased laboratory tools*. *Am. J. Phys. Vol. 58, 858-867*
- Wieman, C. et al (2008). *PhET: Simulations That Enhance Learning*. Education Forum, sciencemag vol 322 31 october 2008.