

INFORME FINAL PROYECTOS DE INVESTIGACION 2013 - 2015

1- Datos del Proyecto - Código: L010

Movimiento de cargas en campos: un enfoque cognitivo

Director : Graciela María Serrano

Integrantes : Co-director: CATALÁN, LIDIA CECILIA; Integrantes: LORENZO, FABIO; JULIÁN, FRANCISCA; RIDOLFI, ANDREA; RUIZ ALCANTÚ, NOELIA. Becarios alumnos: MAUCERI, DANIELA; BAYINAY COBOS, ANDREA FERNANDA; BURGOS SOFÍA; FABRONE RITA; GARAU, JULIANA; GIAROLI, CAROLINA; FERRARI GALIZIA, IVÁN EMANUEL; PEREZ, LUCIANO MATÍAS; RAVOTTI, AGUSTINA.

Resúmen : En este Proyecto se pretende indagar, desde un enfoque cognitivo, la construcción de conocimiento de alumnos universitarios sobre el movimiento de cargas en campos uniformes, tomando como referente teórico para la investigación la Teoría de los Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud. Para la investigación se seleccionará una muestra pequeña de manera no aleatoria, de modo de explorar mediante la metodología de estudio de casos los posibles invariantes operatorios evidenciados por el alumnado al implementar situaciones especialmente diseñadas que involucran el uso de TIC. Se espera con este trabajo generar conocimiento sobre la construcción del concepto de movimiento de cargas en campos mediado con herramientas informáticas.

Palabras Clave : **CAMPOS CONCEPTUALES-MOVIMIENTO EN CAMPOS UNIFORMES-TIC**

Objetivos :

Objetivo general: Explorar la potencialidad del uso de TIC en el proceso de conceptualización del movimiento de cargas puntuales en campos uniformes, en el marco de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud.

Objetivos específicos: 1) Caracterizar los posibles invariantes operatorios que utilizan los alumnos en diferentes tareas vinculadas al movimiento de cargas puntuales en campos uniformes antes y después de usar recursos virtuales. 2) Identificar las representaciones que emplean los alumnos al resolver diferentes situaciones problemáticas.

2 - Grado Final de los objetivos propuestos

El objetivo general "Explorar la potencialidad del uso de TIC en el proceso de conceptualización del movimiento de cargas puntuales en campos uniformes, en el marco de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud." se considerara logrado, por cuanto se pudo dar cumplimiento a los dos objetivos específicos planteados. En el primer año se

diseñaron e implementaron las situaciones que permitieron indagar, en los informes escritos de los estudiantes, los posibles invariantes operatorios, antes y después del uso de laboratorios mediados por TIC. Se pudieron identificar las representaciones (verbales, simbólico algebraicas y pictóricas) empleadas por los estudiantes al resolver las diversas situaciones.

En cuanto a los objetivos específicos :

- 1) "Caracterizar los posibles invariantes operatorios que utilizan los alumnos en diferentes tareas vinculadas al movimiento de cargas puntuales en campos uniformes antes y después de usar recursos virtuales" se ha logrado completamente. Se pudieron caracterizar los posibles invariantes operatorios, tanto conceptos como teoremas en acto, para las dos fases del estudio: Movimiento de cargas en campos eléctricos uniformes y movimiento de cargas en campos magnéticos uniformes.

Respecto al movimiento de cargas en campos eléctricos uniformes, surgieron significados de conceptos tales como: fuerza, movimientos (propios del campo conceptual de la mecánica), cargas eléctrica y escasamente campo eléctrico (propios del campo conceptual bajo estudio).

Entre los posibles teoremas en acto son recurrentes las explicaciones que emplean la "proporcionalidad" como relación que cuantifica las dependencias entre variables, y la "ley de cargas", sin explicitar en general el campo eléctrico.

En tanto al estudio del movimiento de cargas en campos magnéticos uniformes, inicialmente los posibles invariantes operatorios físicos mostrados por los alumnos son relaciones entre fuerza magnética, trayectoria y campo magnético que en general pudieron expresar en representaciones verbales y pictóricas, mostrando, en algunos casos, disponibilidad de Invariantes operatorios matemáticos. Luego de la situación mediada por TIC los posibles conocimientos en acto se vincularían con los significados de trayectoria, movimiento circular, fuerza, radio, velocidad y campo magnético y relaciones entre fuerza y signo de la carga.

- 2) "Identificar las representaciones que emplean los alumnos al resolver diferentes situaciones problemáticas."

En las tareas iniciales correspondientes al movimiento de cargas en campos eléctricos, los estudiantes evidencian escasa disponibilidad de representaciones simbólicas y pictóricas, recurriendo en general de manera incompleta a las expresiones verbales. Esta característica presentó un cambio luego de la situación mediada por TIC, dado que allí los alumnos mostraron esquemas y representaciones pictóricas para complementar parcialmente sus explicaciones verbales. Escasamente emplearon en los estudios de esta primera fase las representaciones simbólicas.

Al estudiar el movimiento de cargas en campos magnéticos uniformes, los estudiantes presentaron relaciones entre los significados del campo conceptual y éstas fueron respaldadas, en algunos casos, por representaciones pictóricas del tipo figura, y en otros, por representaciones algebraicas en la forma de expresiones de relaciones funcionales. Las representaciones fueron variadas en comparación con las empleadas

en la primera fase.

3 - Resultados

Ajuste de la metodología y población bajo estudio:

En los informes preliminares de los estudiantes se encontraron tareas en las que se observaban duplicaciones de datos, es decir varios alumnos que trabajaban en grupos presentaban informes idénticos en las tareas de laboratorio mediado por TIC, por lo que no servían sus informes para el estudio en curso. Así, de la totalidad de los trabajos de los estudiantes se procedió a seleccionar los alumnos que presentaran respuestas originales. Por otra parte, como se presentaron seis tareas (posibles situaciones) algunos estudiantes estuvieron ausentes a una de ellas, por lo que, sumando la necesidad de contar con la totalidad de los informes a el pedido que no hubiesen duplicados, quedaron solamente seis informes con los cuales se realiza un estudio de caso.

Resultados de la investigación:

Primera fase (Movimiento de cargas en campos eléctricos uniformes)

De las respuestas analizadas en los primeros tres informes (correspondientes al estudio del movimiento de cargas en campos eléctricos) se observa que algunos alumnos presentaron explicaciones de tipo intuitivo, correspondientes al posible teorema en acto de proporcionalidad, expresadas en reglas de inferencia del tipo "si X aumenta... entonces Y, que depende de X, también aumenta". Estos estudiantes consideran que si una variable se reduce a la mitad, otras -que dependen de ésta- también cambian en la misma proporción, sin atender a otras posibles relaciones no lineales. Otro posible teorema en acto para el movimiento de cargas en campos eléctricos es la denominada "ley de cargas" (cargas iguales se repelen y cargas distintas se atraen). Los alumnos no recurren inicialmente al significado de campo eléctrico para sus argumentaciones.

En las actividades mediadas por TIC correspondientes al estudio del movimiento de cargas en distintos campos eléctricos uniformes, los alumnos presentaron respuestas con diferentes niveles de argumentación en las cuales emplearon, esencialmente, la representación lingüística de manera incompleta. Algunos estudiantes mostraron una progresiva apropiación de los conceptos de campo y carga, mientras que otros respondieron recurriendo esencialmente a significados y relaciones del campo conceptual de la Mecánica (Por ejemplo, ideas de fuerza, aceleración, movimiento, y relaciones como: "a mayor velocidad mayor alcance" o "a mayor fuerza menor tiempo de recorrido").

En el informe de la actividad de laboratorio virtual mediado por TIC dominó la explicación basada en la atracción o repulsión de cargas según su signo, y escasamente explicaciones vinculando el concepto de campo eléctrico. Algunos estudiantes mostraron que aún no habían construido completamente significados inherentes al movimiento de proyectiles. En estas tareas hubo prevalencia de explicaciones de tipo cualitativas, sin establecimiento de relaciones cuantificables, al momento de predecir comportamientos al modificar factores responsables del movimiento de la carga en el campo.

Los posibles invariantes operatorios de este grupo son significados del campo conceptual de la Mecánica (trayectoria, fuerza, velocidad) y del campo conceptual del Electromagnetismo (carga y fuerza). El concepto de campo y las relaciones entre campo y

fuerza para dar cuenta de la interacción eléctrica, es usado por la mitad del alumnado en las actividades post laboratorio. Este resultado es consistente con el diagnóstico presentado por Sandoval y Mora (2009) al referirse a las dificultades que muestran los estudiantes universitarios al cursar Electromagnetismo, no obstante haber tenido buenos resultados en el curso anterior de Mecánica; dificultades que se corresponden con la necesidad de comprender las interacciones mediadas por campos y que van más allá de sus experiencias en Mecánica.

Todos los estudiantes realizan representaciones pictóricas adecuadas de campo eléctrico uniforme mediante líneas de campo, y de velocidad de carga eléctrica en movimiento y diagrama de cuerpo libre, mediante flechas representativas de vectores. Coincidiendo con los trabajos de Llancaqueo et al. (2003), se muestra el dominio de las representaciones icónicas por sobre las verbales y simbólicas en todos los estudiantes, antes y después de actividades especialmente diseñadas para fomentar la verbalización de argumentos.

Los alumnos del grupo en estudio muestran disponer de las relaciones entre los conceptos del campo conceptual de la Mecánica: trayectoria, velocidad y fuerza (con generalizaciones correspondientes a la fuerza eléctrica), suficientes para interpretar comportamientos sencillos a partir de la trayectoria de una carga en una región del espacio en el cual existe un campo eléctrico uniforme; estas relaciones vinculan signo de la carga y sentido de la fuerza.

En síntesis: Pudieron identificarse posibles conceptos en acto del campo conceptual del movimiento de cargas en campos eléctricos, muchos propios del campo conceptual de la Mecánica. Entre ellos los significados de conceptos físicos: fuerza, velocidad, campo, trayectoria, carga y relaciones entre ellos. Inicialmente, los alumnos recurrieron especialmente al lenguaje verbal para expresar los significados y sus relaciones, incluso después de realizar el primer laboratorio virtual.

Respecto a las representaciones empleadas inicialmente fueron lingüísticas incompletas, y luego de la tarea mediada por TIC algunas icónicas tipo imagen (por ejemplo gráficas) y escasamente, simbólico algebraicas.

Segunda fase (Movimiento de cargas en campos magnéticos uniformes)

En las tareas correspondientes al estudio del movimiento de cargas en campos magnéticos los estudiantes mostraron una mayor disponibilidad de significados y relaciones del campo conceptual. Esto se manifestó en el uso de representaciones variadas de los significados: verbales, pictóricas y algebraico-simbólicas. En particular, la progresiva interpretación de representaciones pictóricas de tipo imagen (como las brindadas por los simuladores) es una habilidad que debe enseñarse para que los estudiantes las apliquen de manera eficaz en la ampliación de sus modelos conceptuales, como señalan Lombardi, Caballero, Moreira (2003). De lo anterior se desprende que el mejor rendimiento de los estudiantes en cuanto a la interpretación de los simuladores (en esta segunda etapa) puede deberse a la adquisición de destrezas relativas al uso (lectura) de representaciones de tipo pictóricas, destrezas adquiridas en una etapa anterior del curso. El uso de TIC en esta instancia del estudio, pareciera favorecer el empleo de las representaciones gráficas como parte de la argumentación, y, a diferencia de lo ocurrido en la primera fase con el movimiento en campos eléctricos, también se observó un mayor despliegue de explicaciones verbales y simbólico algebraica por parte de los estudiantes.

En los informes de los alumnos se evidencia el reconocimiento de significados: carga, campo magnético, trayectoria, fuerza sobre cargas en movimiento, y relaciones (fuerza-velocidad-campo, fuerza perpendicular al campo, regla de producto vectorial). Mientras que algunos alumnos mostraron la disponibilidad de IOM (Invariantes operatorios matemáticos) necesarios para transformar las relaciones anteriores en expresiones algebraicas simbólicas adecuadas, otros presentaron argumentos contradictorios.

El uso del simulador como recurso en la situación presentada como Laboratorio virtual en esta segunda fase permitió a los estudiantes expresar mediante representaciones verbales lingüísticas, diferentes relaciones entre los significados de fuerza, carga, velocidad, campo, trayectoria. Las relaciones fueron respaldadas en algunos casos por representaciones pictóricas del tipo figura, y en otros por representaciones algebraicas en la forma de expresiones de relaciones funcionales.

Todos los estudiantes mostraron disponer de representaciones de las relaciones entre fuerza magnética y trayectoria, que les permitieron caracterizar la trayectoria de iones en campos magnéticos uniformes mediante afirmaciones dadas en lenguaje verbal. También mostraron caracterizaciones adecuadas de la fuerza magnética que actúa sobre cargas en movimiento, vinculando esta fuerza con las centrípetas estudiadas en el campo conceptual de la mecánica.

El empleo de los “laboratorios virtuales” mediante el uso de TIC (a modo de situación en la enseñanza) significaba para los alumnos realizar tareas de interpretación de consignas en lenguajes a los que, al comienzo del curso, no parecían estar habituados (no obstante prácticas realizadas con computadora en otras materias). Este tipo de tareas requiere por parte del estudiante interpretar información y obtener información en lenguajes pictóricos y numéricos, que requieren un importante nivel de interpretación. Además, no todos los alumnos (del grupo informado y del curso en general) trabajaron en los laboratorios virtuales (mediados por TIC) con el mismo nivel de compromiso, lo cual se evidenció en el tipo de informe presentado.

4 - Dificultades Encontradas

Entre las dificultades previsibles propias del desarrollo de un proyecto de investigación que involucre a los alumnos cursantes en un ciclo lectivo en la que los mismos docentes son los investigadores, está la señalada duplicación de informes que derivó en la restricción al grupo definitivo sobre el cual se realiza el análisis de datos. Esta dificultad era previsible, y por ese motivo se presentó en el Proyecto, en la metodología de la investigación, el empleo de métodos propios de la investigación cualitativa, lo que se traduce en un estudio de caso sobre un grupo reducido de estudiantes.

Otra dificultad fue la escasa carga horaria con que contaban los investigadores del grupo, derivada de los cargos (en el caso de los docentes) en la Universidad. Esta dificultad ha sido subsanada al cambiar la dedicación docente del director, y al incorporar becarios ad honorem alumnos (uno de ellos en setiembre de 2014 y el resto, a partir de marzo de 2015). También se incorporó a partir de marzo de 2015 una docente doctorada en el área Matemática buscando consolidar en grupo para poder abordar el tratamiento de las investigaciones en el área de las ciencias básicas de Ingeniería y Profesorado en Química, y también afianzarse en el tratamiento cuantitativo de los datos de proyectos de investigación en educación.

En el aspecto económico, el cambio en la economía de la Argentina a partir de enero de 2014 motivó que los recursos asignados inicialmente (y depositados \$7500), de los

cuales una parte se destinaría a la compra de una computadora para uso exclusivo del proyecto, no pudiera realizarse.