

Serie: Tesis de Posgrado
e-Book

CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

LA INTERACCIÓN DIGITAL EN EL AULA.
LOS PROCESOS DE SIGNIFICACIÓN EN EL
USO DE SIMULACIONES
COMPUTACIONALES EN LA ESCUELA
SECUNDARIA

Andrea Miranda



Editorial
Filosofía y Humanidades|UNC

ffyh
Facultad de Filosofía
y Humanidades|UNC

Esta investigación profundiza en la comprensión de los procesos de interacción que se construyen al incluir herramientas digitales interactivas en el aula de escuela secundaria. En particular, se estudian actividades desarrolladas en aulas de Física en las que se utilizan simulaciones computacionales.

La Interacción Digital se constituye en el núcleo de análisis. El estudio se centra en comprender cómo la interacción digital influye en las interacciones sociales y con el contenido, a la vez que es influenciada por estas. La narrativa de la actividad posibilita la reconstrucción de las acciones de los alumnos, lo que hacen y dicen durante la interacción.

Los resultados indican que las simulaciones pueden convertirse en instrumentos para conceptualizar fenómenos físicos en la medida que se identifiquen las limitaciones del modelo computacional que le da sustento. Evidencian además la importancia de la orientación e intervención docente para afrontar lo diverso y complejo de éstas situaciones de aprendizaje.

Al interactuar con simulaciones, las construcciones argumentativas se elaboran en base a lo que estas representan y a los referentes conceptuales disponibles. Las construcciones que buscan confirmar o refutar conjeturas comprometen la interacción digital. Así, la variedad de situaciones interactivas durante la actividad tiene relación directa con el descubrimiento y la exploración de la funcionalidad de la herramienta. La exploración del contenido disciplinar está restringida por la comprensión de la funcionalidad de la herramienta, a su vez, las potencialidades de las herramientas interactivas se hacen visibles para el sujeto cuanto más se profundiza en la comprensión del contenido escolar.

El estudio de las secuencias argumentativas de una situación de aprendizaje con herramientas interactivas permite identificar las etapas en que éstas adquieren progresivamente el carácter de instrumento. Es posible conocer el grado de apropiación de las herramientas y los factores que lo determinan.



Andrea Miranda: Doctora en Ciencias de la Educación (UNC), Máster en Educación y Multimedia por la Universidad Autónoma de Barcelona. Es Ingeniera en Sistemas y Profesor en Informática por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Es miembro investigador del Grupo de Actividades Científico Tecnológicas Educación en Ciencias con Tecnologías (**ECienTec**) y Profesor Adjunto en Cátedras del área de Formación de Profesores en la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA (Argentina). Es miembro de la Red temática en Aplicaciones y Usabilidad de la Televisión digital Interactiva (RedAUTI). Artículos académicos de su autoría han sido publicados en ámbitos nacionales e internacionales.

LA INTERACCIÓN DIGITAL EN EL AULA

Los procesos de significación en el uso de simulaciones computacionales en la escuela secundaria

Andrea Miranda

Miranda, Andrea

La interacción digital en el aula / Andrea Miranda. - 1a ed. - Córdoba:
Universidad Nacional de Córdoba, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-33-1365-7

1. Comunicación Digital. 2. Educación Secundaria. I. Título.
CDD 384.3

Diseño de portada: Manuel Coll

Gestión digital: Noelia García

ISBN 978-950-33-1365-7



9 789503 313657



LA INTERACCIÓN DIGITAL EN EL AULA por Andrea Miranda
se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución –
No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES

DECANO

Dr. Juan Pablo Abratte

VICEDECANA

Lic. Flavia Dezzutto

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TÉCNICA

Dra. Jacqueline Vassallo

SECRETARÍA DE POSGRADO

Dr. Sebastián Muñoz



A Horacio, Facundo, Nicolás y Mateo.

A toda mi familia.

Quiero dejar constancia, en estas primeras notas, de mi reconocimiento a todas las personas que han hecho posible este trabajo.

A mis directoras y guías, Graciela y Silvia, que lucharon contra mis inseguridades y flaquezas, por la paciencia y dedicación a este trabajo.

A mis compañeras de trabajo y estudio, Stella, Cecilia, Alejandra e Irene, que alentaron cada uno de mis desánimos y supieron darme fuerzas para ir logrando nuevos avances.

En especial, a mi compañera y amiga Gabriela con la que compartimos la aventura de adquirir una formación de posgrado y a María José por su disposición para ayudar a la distancia.

A las instituciones que colaboraron en mi formación y allanaron el camino recorrido:

La Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, su Facultad de Ciencias Exactas y autoridades.

El Grupo de actividades científico tecnológicas Educación en Ciencias con Tecnologías (ECienTec) del cual formo parte.

La Universidad Nacional de Córdoba, su Facultad de Filosofía y Humanidades, Directoras del Doctorado en Ciencias de la Educación y miembros del comité Académico y Asesor de la carrera y de la Secretaría de Posgrado.

La Escuela Nacional Ernesto Sábato por facilitar el espacio para compartir el trabajo y estudio de docentes y alumnos.

Finalmente, a mi familia por la paciencia y el tiempo cedido para llegar a esta meta y por todo el amor y la contención brindados, ingredientes imprescindibles para poder realizar una tarea como esta.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 Las herramientas interactivas en aula	12
1.1 Importancia y motivación del tema.....	12
1.2 Planteamiento del problema.....	16
1.3 Objetivos y preguntas de investigación.....	21
1.4 Estructura de esta tesis	24
CAPÍTULO 2 La mediación tecnológica en la práctica educativa	26
2.1 Introducción	26
2.2 Contexto de interacción para el aprendizaje	29
2.3 Concepción Socio-Constructivista del Aprendizaje.....	31
2.3.1. Aprendizaje y desarrollo	35
2.3.2 La ZDP colectiva y los mecanismos de Influencia Educativa	40
2.3.3 Aprendizaje colaborativo	43
2.4 La tecnología en el aula y la mediación instrumental	44
2.4.1 La tecnología como herramienta cognitiva.....	44
2.4.2 La mediación instrumental	46
2.4.3 Las TIC y el Aprendizaje Colaborativo	55
2.5. La Interacción Digital en el aula de Física.....	61
2.5.1 Nuevos lenguajes que implican nuevos argumentos. Interfaces y narrativas digitales ..	62
2.5.2 Artefactos tecnológicos para el aula: las simulaciones.....	75
CAPÍTULO 3 La Actividad en el aula de Ciencias Naturales	92
3.1 Introducción	92
3.2 Estructura de la actividad	94
3.3 El sistema de actividad: clase de ciencia con tecnología	95
3.4 El escenario que se construye en esta investigación	100
3.4.1 Espacio de interacción del diseñador de la simulación.....	101
3.4.2 Espacio de interacción del docente.....	102
3.4.3 Espacio de interacción de los alumnos	103
3.4.4 El discurso en el aula	104
3.5 La perspectiva semiótica para abordar los procesos interactivos en el aula con tecnologías	107
3.4.1 Introducción	107
3.4.2 La semiótica y el aula	108
3.4.3 La interacción digital y la semiótica	122
3.6 A modo de cierre. Cómo estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por simulaciones	130
CAPÍTULO 4 Diseño de la investigación.....	132
4.1 Categorías conceptuales e hipótesis de trabajo	134
4.2 Enfoque metodológico de la investigación.....	136
4.2.1 Los diseños más usuales para estudiar la mediación tecnológica en el aula de ciencias naturales	137

4.2.2 Esta investigación.....	140
4.3 Delimitación y definición de los casos: las situaciones de observación	140
4.3.1 Entrevistas informales para definir la población.....	141
4.3.2 Selección de los casos	144
4.3.3 El escenario de esta investigación	145
4.4 Registro de la información.....	148
4.5 Construcción de los datos	151
4.5.1 Clases previas de Informática y Física.....	151
4.5.2 Los modelos involucrados en la clase de ciencia donde se utilizan simulaciones	153
4.5.3 Preparación de los datos para el análisis. La reconstrucción del discurso en el aula..	173
4.5.4 Síntesis de este capítulo	177
CAPÍTULO 5 Visión sistémica del proceso interactivo (1er nivel de análisis)	179
Introducción	179
5.1 Transformación de los datos y categorías de análisis	179
5.1.1 Cambios en la acción y Segmentos de interacción.	180
5.1.2 Recorrido hipertextual.	190
5.1.3 Evolución del Sistema de actividad (Acciones/Operaciones)	198
CAPÍTULO 6 LAS DIMENSIONES DE INTERACCIÓN DIGITAL, SOCIAL Y CON EL CONTENIDO.....	215
6.1 Desde dónde miramos la Actividad.....	215
6.2 La Interacción digital.....	219
6.2.1 Modos de interacción digital	219
6.2.1.1 La narrativa digital	221
6.2.1.2 Secuencia de interacción digital.....	225
6.2.2 Significado atribuido a la herramienta	238
6.2.3 A modo de cierre: La interacción digital en la construcción de conocimiento.....	249
6.3 La interacción social en los PEACT	249
6.3.1 Colaboración en los PEACT	252
6.3.2 Intervención docente en los PEACT	270
6.3.3 A modo de cierre: la construcción conjunta de conocimiento	285
6.4 Dimensión de interacción con el contenido	287
6.4.1 La construcción de significados y el diálogo con las simulaciones	288
6.4.2 Conceptualización de campo eléctrico con simulaciones	290
6.4.3 Momentos de interacción con el contenido	293
6.4.4 Interpretantes	295
6.4.5 La simulación en la construcción de Interpretantes	297
6.4.6 Las simulaciones como andamios en la conceptualización.....	308
CAPÍTULO 7 Discusiones y conclusiones.....	312
7.1 Reseña de la investigación	312
7.2 Discusión de resultados más relevantes	314

7.2.1 Los procesos interactivos en el aula	315
7.2.2 La clase de ciencia como sistema de actividad	316
7.2.3 Procesos de significación colaborativos con mediación tecnológica en el aula	318
7.2.4 Rol de la herramienta interactiva en el proceso de significación	328
7.2.5 Relación entre las dimensiones de interacción digital, social y conceptual.....	329
7.3 Conclusiones y aportes	330
7.4 Limitaciones, cuestiones pendientes y líneas de investigación futuras	335
CAPÍTULO 8 Referencias bibliográficas	337
CAPÍTULO 9 Anexos	351
Anexo I. Sistema de actividad: AULA DE CIENCIAS CON SIMULACIONES.....	352
Anexo II. Protocolo de entrevista para docentes de física de secundaria.	353
Anexo III. Acciones en pantalla	354
Anexo IV. Categorías de Acción	355
Anexo V. Narrativas digitales en todos los casos	357
Anexo VI. Sintaxis interactiva	374
Anexo VII. Acciones en pantalla en Caso 1	375

CAPÍTULO 1

Las herramientas interactivas en aula

La investigación que se presenta tiene como finalidad profundizar en la comprensión de los procesos de interacción que se construyen al incluir herramientas interactivas (digitales) en el aula de escuela secundaria. Se toma como objeto fundamental de indagación las relaciones que se establecen entre todos los elementos que participan en la construcción de conocimiento (estudiantes, docente, herramientas, contenido escolar). Se focaliza en los espacios de interacción en busca de indagar la influencia de la interacción digital en el desarrollo de la actividad. La base empírica del trabajo es la actividad desarrollada por los alumnos cuando realizan una tarea que propone el docente de Ciencias Naturales (Cs. Nat.) con la mediación de simulaciones. La tarea requiere que los alumnos se organicen en pequeños grupos y elaboren colaborativamente una producción escrita.

En este capítulo introductorio se presentan las características relativas al origen y desarrollo de la investigación y la configuración del problema de investigación. Hacia el final se detalla la estructura general seguida en la elaboración del informe y se anticipa en forma breve el contenido de los diferentes capítulos.

1.1 Importancia y motivación del tema

El interés por las interacciones en las prácticas educativas mediadas por tecnología, y en particular por las interacciones digitales que colaboran en los procesos de significación surge de mi tarea como docente de TIC de escuela secundaria. La posibilidad de observar y acompañar el acercamiento de los docentes de distintas disciplinas al aula de informática para utilizar herramientas tecnológicas con sus alumnos, sumada a mi formación académica, orientada en sus comienzos a la informática y su enseñanza¹, y luego a la educación con tecnología marcaron el rumbo de mi formación de posgrado². El camino recorrido

¹ Ingeniero de Sistemas y Profesor en Informática (UNICEN)

² Maestría en Educación y Multimedia otorgada por la UAB (Universidad Autónoma de Barcelona)

en esta etapa formativa fue enriqueciendo mi desarrollo profesional en relación a la formación docente y el uso de las tecnologías.

La posibilidad de compartir mi tarea como investigadora en un grupo dedicado al estudio de la enseñanza de la Ciencia y la Tecnología desde el año 2000 y la pertenencia más tarde, al *ECienTec* (Grupo de Actividades Científico Tecnológicas “*Educación en Ciencia con Tecnologías*”) facilitó el recorrido antes mencionado.

Así, el perfil que fui creando desde lo pedagógico, ligado en sus orígenes al funcionamiento y diseño de las herramientas tecnológicas, me fue mostrando con otras lentes los aspectos o factores que confluían en los procesos interactivos que ocurrían tanto en las aulas de secundario, como en las de nivel universitario en las cuales participaba como formadora de futuros docentes. No sólo podía observar el potencial didáctico de una herramienta informática sino que también podía intuir y de alguna manera relacionar los resultados de su implementación con aspectos forzosamente ligados a la construcción o al diseño de las herramientas. Se podía percibir la complejidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje en los que interviene la tecnología.

Es conocido que la tarea docente es una actividad sumamente compleja que ha cambiado con el paso del tiempo por diversos factores de índole político, científico, social o cultural. Los avances en el campo de la educación le han impreso diferentes rasgos, de acuerdo con la manera en que se ha concebido lo educativo. En la actualidad, los docentes se enfrentan a un sistema educativo complejo donde confluyen, con diferentes niveles de integración y determinación, la infraestructura, los lineamientos curriculares, las demandas de la sociedad, etc. Este sistema que busca ajustarse permanentemente a las características de sus alumnos, fuertemente relacionados en la actualidad con la tecnología, ubica a los docentes en un rol de colaborador en el procesos de aprendizaje que en muchas ocasiones no están capacitados para afrontar (Tedesco et al., 2008; Burbules, 2011). Pero más aún, los enfrenta con un espacio de prácticas diferente, el aula digital³.

³ Se considera “aula digital” a aquellas que cuentan con las Netbooks del plan Conectar Igualdad o al espacio de trabajo que constituye el aula de informática en aquellas escuelas en las que aún no se han distribuido las netbooks.

Desde la perspectiva del aula como contexto de enseñanza y aprendizaje se plantea la importancia de determinar el contexto escolar real. Lo que sucede en el aula no es sólo consecuencia de factores, procesos y decisiones que están presentes o tienen su origen en ella (características de alumnos y profesores, conocimientos, experiencias, creencias, motivaciones y expectativas) sino también de factores, procesos y decisiones que tienen su origen en otros ámbitos o niveles como por ejemplo la organización y el funcionamiento de la institución escolar, los apoyos disponibles, etc. (Coll y Sánchez, 2008). En esta perspectiva el conocimiento está inserto en las actividades y en las prácticas culturales, entonces la adquisición de conocimiento debe tener en cuenta los contextos físicos y sociales en los que la cultura se transforma en herramientas intelectuales, lingüísticas y sociales. Schwartz (1978, citado en Salomon 1993:39) considera que la cultura es un fenómeno distribuido en la medida en que, como se la aplica y se la adquiere en las interacciones cotidianas entre los hombres, no hay dos de ellos que compartan la totalidad de la cultura del grupo al que pertenecen.

La presencia de las tecnologías en el aula plantea una situación particular para docentes y alumnos. Se ha dado en nuestro país de una manera gradual, impulsada en el último período por el programa “Conectar Igualdad”⁴. Las opiniones de los expertos y los estudios realizados tanto a nivel nacional como iberoamericano sobre la reciente implementación de los programas que promueven el modelo 1:1 han demostrado que son variados los aspectos a profundizar para lograr una inclusión eficaz de las tecnologías (Ministerio de Educación, 2011a y 2011b; Area Moreira, 2011, 2009). Se necesita capacitar a los docentes para que puedan generar situaciones que aprovechen las posibilidades de las nuevas tecnologías para trabajar en colaboración y replicar problemas de la vida real; colaborar o ayudar a los estudiantes a integrar aprendizajes que suceden en otros ámbitos de la sociedad; ayudarlos a evaluar los resultados de búsquedas de información, aún sin tener el control total sobre ellas; generar ambientes de aprendizaje más creativos, con nuevas oportunidades y desafíos. Los docentes tendrán que cambiar la actitud frente a su rol, que en este contexto se presenta menos autoritario que el tradicional, un rol de asociado o de

⁴ Programa que implementa una política pública que la República Argentina diseñó para la incorporación de tecnologías digitales en sus sistemas educativos (a nivel nacional y provincial).

partnership en el que ambas partes realizan una contribución activa para el éxito del intercambio.

Los cambios de paradigma educativo exigen conocer el rol de las herramientas en la construcción de conocimiento y los factores que condicionan la comunicación que los alumnos establecen con ellas. Además, saber cuáles son los criterios o fundamentos que el docente privilegia al seleccionar una herramienta interactiva para trabajar con sus alumnos y sus percepciones sobre el desarrollo de una actividad en la que incluye tecnología para contribuir al proceso de enseñanza y aprendizaje. Estas exigencias o intereses acabaron de perfilar el interés por la temática de estudio.

Los procesos de significación que se construyen en estos espacios de interacción, en los que los alumnos trabajan en grupos y utilizan las TIC, muestran una problemática que difícilmente puede ser estudiada desde los resultados o desde las visiones de quienes participan del proceso (pre y pos test y entrevistas). Conocer qué pasa durante el proceso de significación podría aportar elementos para la toma de decisiones sobre las prácticas de enseñanza. Por ejemplo, saber cómo se desarrolla la actividad en el aula, cuáles son los modos de interacción que se ponen en juego, cómo participan en él los sujetos involucrados, cuáles son las características del lenguaje tecnológico que utilizan, cuáles son las competencias que se ponen en juego al participar de manera constructiva en estos procesos, etc. Todos son cuestiones que se presentan como prometedoras para dar cuenta de la incorporación de las TIC a las tareas de clase.

Un relevamiento previo sobre los usos que comúnmente se hacen de las tecnologías en las aulas de secundaria, me llevaron a pensar en las clases de Física como potenciales espacios de indagación en los que suelen utilizarse simulaciones computacionales. Tanto porque las simulaciones en sí mismas son ricas en cuanto a que dinamizan un fenómeno físico, como por las representaciones abstractas que esas simulaciones posibilitan concretizar.

Estos espacios de interacción son complejos y dinámicos, conjugan diferentes niveles de representación, pero también de interpretación y significación que pueden estudiarse desde los procesos interactivos y su dinámica.

El camino recorrido durante la realización de esta tesis no fue sencillo. Se tomaron diversos senderos que conducían, en algunos casos hacia la meta, saber cómo la interacción digital participa de la construcción de conocimiento y en otros, se convertían en atajos que exigían un cambio de foco o zoom. También estuvieron aquellos que en muchas ocasiones hubo que desandar para retomar otros, quizás más complejos y extensos.

Anhelo que la lectura de esta tesis pueda servir no sólo como fuente de información y conocimiento a docentes, alumnos y creadores de herramientas interactivas, sino también para el planteo de nuevos interrogantes y la búsqueda de respuestas a aquellas inquietudes enunciadas pero no desarrolladas en este trabajo.

1.2 Planteamiento del problema

El propósito de esta tesis es estudiar los modos en que los alumnos y docentes se relacionan con los objetos de conocimiento al considerar su actuación en una clase con tecnología y los procesos de significación que se derivan de esas relaciones.

El estudio de los procesos interactivos que ocurren en un aula con mediación tecnológica nos sitúa en el campo de la investigación educativa que focaliza en la práctica. La práctica educativa reúne al conjunto de actividades que se desarrollan en el aula con presencia de tecnología. Puede conocerse a partir de considerar a la clase como un *espacio contextualizado y situado* cuyo objetivo es la construcción de conocimiento. En este espacio los sujetos son los alumnos y docentes que participan activamente en la co-construcción de conocimiento. Es a partir de una *actividad conjunta* con *mediación tecnológica* que estos sujetos construyen procesos interactivos sociales, comunicativos y situados.

Cubero (2005), desde una perspectiva constructivista, propone que se puede concebir a la **interacción** entre sujetos y de estos con las herramientas mediadora y promotora del proceso de enseñanza y aprendizaje. Un proceso interactivo supone la capacidad de producir cambios y modificaciones sobre ciertas variables de alguno de los sistemas implicados.

En esta tesis el acercamiento al problema se desarrolló en dos momentos o etapas. En un primer enfoque se consideró necesario reconocer en las prácticas educativas mediadas los factores que influyen en la negociación de significados en el aula y la relación de docentes y alumnos con las herramientas tecnológicas. Una exploración inicial puso en evidencia que es escaso el uso de herramientas informáticas en clases de ciencia y que son pocos los docentes que las utilizan frecuentemente. También pudo observarse la escasa experiencia de algunos docentes con el uso de tecnologías y las demandas interactivas de los alumnos relacionadas con sus experiencias con los entornos de videojuego. A todo esto se suma un escaso interés de los alumnos por los conocimientos disciplinares. Este panorama deja entrever la importancia de conocer los modos de construir conocimiento con mediación tecnológica en todas las disciplinas y contextos.

Las lecturas en el campo de las ciencias sociales centradas en las prácticas educativas y los indicios del escaso empleo de las herramientas informáticas en situaciones cotidianas de clase se convirtieron en los pilares que permitieron delinear el segundo momento de esta investigación.

En base a este enfoque redefinimos el propósito del objeto de estudio orientándolo a los procesos interactivos que se construyen en clase.

Como espacio de investigación de la educación mediada por tecnología y situándonos en un aula de ciencia en la que se incluye la tecnología nos interesa enfocar en las relaciones entre sujetos y de ellos con los objetos de conocimiento y con la tecnología. Para esto se considera el estudio de los procesos interactivos que ocurren y las competencias que ponen en juego, en tanto miembros de una comunidad de aprendizaje.

La reconstrucción del objeto de estudio sitúa esta investigación en el campo de la Tecnología Educativa como disciplina de las ciencias de la Educación. En esta disciplina, los fundamentos pedagógicos, psicológicos y epistemológicos enmarcan a los medios y a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y los conciben como objetos o instrumentos culturales que los individuos reinterpretan y utilizan en función de sus propios esquemas culturales (Cabero, 2009).

Un supuesto básico en este estudio considera al aula como espacio contextualizado e histórico donde se desarrolla la mayor parte de las prácticas educativas. Se considera que existe una interrelación e influencia recíproca entre los factores tecnológicos, pedagógicos y disciplinares que determinan la planificación y el desarrollo de los procesos educativos con apoyo de TIC.

Los estudios empíricos sobre los procesos interactivos en situaciones de clase han sido variados y en su mayoría daban cuenta de resultados o posicionamientos desde la perspectiva de los docentes o de los alumnos. En los últimos años se ha incrementado el interés por conocer cómo son esos procesos a partir del reconocimiento de la práctica educativa como actividad situada que ocurre en un determinado espacio y tiempo, y el interés por el análisis de la interacción (Coll, Mauri y Onrubia, 2008a; Coll y Sánchez, 2008; Coll, Onrubia y Mauri, 2008; Cubero et al., 2008; Vanegas Giménez y Font, 2009; Sánchez, García, Rosales, et al., 2008; Onrubia, 2004; García Cabrero, Rosales, Bustos, et al., 2008; Coll, Mauri y Onrubia, 2005, 2008b; Rochera, 2008; Chan, 2005; Barros y Verdejo, 2000).

Los nuevos espacios interactivos, que se construyen con apoyo de las TIC en todos los ámbitos, dan lugar a transformaciones en las prácticas sociales, entre ellas las educativas. Esto exige pensar en otro tipo de competencias que necesiten los sujetos para relacionarse con los objetos de conocimiento. Alumnos y docentes necesitan adaptarse gradual y paulatinamente al nuevo entorno de trabajo para modificar sus prácticas, que en muchos casos prevalecen desde hace mucho tiempo en la escuela. Los docentes, se convierten en sujetos que transitan hacia el mundo digital, como promotores del diálogo y el trabajo colaborativo mediado por las TIC en el aula (Pulfer, 2011; Coll y Monereo, 2008).

Existen numerosos factores que influyen en el entorno de aprendizaje de un estudiante que utiliza las tecnologías, los que en conjunto definen totalmente la experiencia educativa del estudiante. Sus vivencias dentro y fuera de la escuela se encuentran impregnadas por recursos y mecanismos de comunicación de las TIC que les demandan el uso de herramientas con alto nivel de interactividad (Gros, 2004). Esta característica de las herramientas puede no ser las que el docente pondera al seleccionarlas, quien generalmente enfatiza en las conexiones entre fenómenos de la vida real y los conocimientos científicos que

subyacen y buscan ofrecer modelos conceptuales y visuales accesibles a los estudiantes.

El espacio de la práctica estará determinado por las relaciones que puedan establecerse entre los sujetos, con los objetos de conocimiento y con las herramientas. Esto conduce a plantear los siguientes interrogantes: ¿Cómo son los procesos interactivos que se construyen en relación con las dimensiones digital, cognitiva y social?, ¿Cuáles son sus principales características?, ¿Cómo es su estructura? ¿Cuáles son los lenguajes que intervienen? ¿Cuáles son los grados de interacción que ocurren?

Los procesos interactivos dependen de los significados que se atribuyen a la situación y se enfrentan a problemáticas propias de los entornos educativos formales con mediación tecnológica. Tales problemáticas se relacionan con los distintos modelos interactivos que participan del proceso como la interacción digital que requiere una mutua adaptabilidad sujeto-herramienta (Simon, 1973), la inclusión de un objeto artificial cuya función dependerá del contexto histórico y cultural en el que se la utilice (Burbules y Callister, 2006) y con la existencia de mundos semióticos que pueden no ser compartidos (Magariños, 2002).

El proceso de interacción complejo que se genera entre alumno y herramienta propone la existencia de una *mutua adaptabilidad* entre alumno y herramienta que ocurre en el contexto situado y particular del aula. Son contados los estudios que dan cuenta de esto, ya que en general se trata de estudios que sitúan su mirada sobre la eficacia de las herramientas, y que desde la HCI utilizan test para medir la usabilidad de las mismas en contextos de prueba prefigurados (De Souza, Leitão, Prates, et al., 2010).

Las herramientas interactivas educativas, como cualquier otra herramienta tecnológica se crean a partir de las competencias semióticas de su diseñador. Cuando son llevadas al aula se constituyen en una nueva realidad para los actores involucrados (docentes y alumnos) que pertenecen a mundos semióticos diferentes. El diseñador de herramientas interactivas debe anticipar los movimientos del usuario, mantener su atención y saber transmitirle la información necesaria que asegure la continuidad de la interacción. Por otro lado, como afirma Scolari (2004) el alumno (usuario de la herramienta) no puede dejar de activar competencias perceptivas e interpretativas durante la interacción.

Los trabajos empíricos muestran que en general los usuarios (alumnos) construyen sintaxis interactivas que suelen no coincidir con los criterios considerados por el diseñador (Lion, 2006; Scolari, 2004), quien se preocupa en presentar el modelo que mejor refleje las condiciones esperadas para determinada situación.

Este *modelo de interacción* puede también no alinearse con el modelo didáctico o modelo de enseñanza del docente que selecciona la herramienta y diseña la actividad. Muchas son las consideraciones que pueden hacerse desde esta perspectiva y será el docente quien pondrá en juego sus propias herramientas de evaluación en caso de seleccionar algo ya elaborado o su experiencia y expectativas para solicitar ayuda en la elaboración de una nueva herramienta interactiva para trabajar con sus alumnos.

Cuando el docente selecciona las herramientas interactivas para trabajar en el aula, seguramente lo hace con la convicción de que ésta ayudará a sus alumnos en la comprensión del fenómeno que se está trabajando. Buscará aquella que más se adecue a su modelo de enseñanza de manera que la instancia de interacción con la herramienta complemente lo trabajado en el aula con lápiz y papel o en la pizarra.

Para conocer de qué manera las herramientas interactivas se integran a los procesos interactivos que se construyen en el aula nos situaremos en el contexto del aula de Física, en la que se utilizan artefactos tecnológicos como pueden ser las simulaciones computacionales. En estos entornos se resalta el carácter abstracto y la generalización en la manipulación de símbolos.

En particular las simulaciones educativas pueden considerarse objetos artificiales que recrean la dinámica de un fenómeno con el fin de auxiliar tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de uno o varios conceptos científicos. La utilización de simulaciones en la clase de ciencia presupone una adecuación de la herramienta a las características cognitivas de los alumnos que fueron contempladas al ser seleccionada por el docente. Frente a este panorama nos preguntamos: ¿Cómo es la dinámica del proceso de significación?, ¿cómo ocurre la adaptabilidad?, ¿el docente participa de ella?

La convergencia de todos los modelos interactivos involucrados en una situación particular de enseñanza y aprendizaje, mediada por herramientas interactivas, en torno a una actividad conjunta y la consideración de los diferentes mundos semióticos de diseñador, docente y alumnos, determinará la función que puedan cumplir estas herramientas.

Se plantean los siguientes interrogantes: ¿Cuál es la influencia de la simulación en la dinámica de significación?, ¿De qué manera la herramienta participa del proceso? ¿Se pueden identificar aspectos facilitadores u obstaculizadores del proceso?

El abordaje de este problema supone que al conocer algunas de las particularidades de los procesos que se busca estudiar se podrán realizar aportes al campo de la enseñanza en ciencias con tecnología, específicamente al uso significativo de simulaciones y sus implicancias; y de manera más indirecta al campo del diseño de aplicaciones informáticas basadas en simulaciones que consideren la comunicabilidad en el contexto situado y particular del aula.

La temática integra varios ejes de trabajo como son las prácticas educativas y los procesos de enseñanza y aprendizaje, las interacciones, el uso de tecnologías en diferentes espacios sociales, los procesos de significación desde posturas semióticas. Es por esto que los antecedentes se presentan en los capítulos siguientes, desde los enfoques que hacen del fenómeno las distintas disciplinas, como la Tecnología Educativa, la Pedagogía, la Interacción humano-computadora (HCI) y la Semiótica.

1.3 Objetivos y preguntas de investigación

Ante la necesidad de un análisis pormenorizado para comprender la dinámica de los procesos con mediación tecnológica que ocurren en el aula, se propone el siguiente objetivo:

Estudiar los procesos interactivos que se construyen en el aula cuando se emplean simulaciones computacionales, a fin de realizar aportes al campo de la enseñanza con tecnología, al “uso significativo” de

simulaciones y al diseño de estas herramientas a partir de conocer más sobre la comunicabilidad⁵ en este espacio.

Esta finalidad se concreta en los siguientes interrogantes y objetivos específicos:

Pregunta 1: ¿Cómo son los **procesos interactivos** que se construyen en el aula de educación secundaria cuando se utilizan simulaciones computacionales?

1.1 ¿Cuáles son sus características?

1.1.1 ¿Cómo es su estructura?

1.2 ¿Cuáles son los lenguajes que intervienen?

1.3 ¿Cuáles son los grados de interacción que ocurren?

1.4 ¿De qué manera participa el docente?, ¿Qué criterios utiliza para seleccionar las herramientas interactivas con las que trabajará en el aula?, ¿Cuál es el uso que comúnmente elige o el momento didáctico para realizar la actividad mediada por tecnología?

1.5 ¿Cuáles son las expectativas de los alumnos al interactuar con las simulaciones?

Objetivo 1: Identificar descriptores que caractericen los procesos interactivos que se construyen en el aula y caracterizar los modos de interacción que ocurren.

Objetivo 2: describir la clase de ciencia de educación secundaria mediada por TIC a partir de estudiar el sistema de actividad (alumno-docente-herramienta-objeto).

Pregunta 2: ¿Cómo es la dinámica del proceso de significación que ocurre en un aula con mediación tecnológica en la que se propone la construcción de conocimiento a partir de una actividad conjunta?

2.1 ¿Cómo son los procesos de mediación semiótica que ocurren?

2.2 ¿Cuáles son los factores que intervienen en la dinámica de significación?

⁵ El conjunto compartido de términos y relaciones entre los distintos actores involucrados - alumnos, diseñadores de las herramientas interactivas y docente- establece el grado de comunicabilidad que se dará entre éstos (Sánchez, 2004).

2.3 ¿Cuál es el significado que atribuyen a la tarea y a la herramienta?

Objetivo 3: Caracterizar los procesos de mediación semiótica que ocurren.

Pregunta 3: ¿De qué manera la herramienta participa del proceso?, ¿Se pueden identificar aspectos facilitadores u obturadores del proceso?

Objetivo 4: Conocer el rol de las herramientas involucradas en el proceso y que incidencia tiene desde las dimensiones de interacción digital, social y con el contenido, consideradas en la dinámica del proceso.

Objetivo 5: Relacionar las dimensiones de interacción digital, social y con el contenido, e identificar cuál es el eje conductor del proceso.

El estudio de lo que dicen y hacen los sujetos de la actividad permitirá conocer y comprender los procesos interactivos que se construyen en el aula con mediación tecnológica. Esto plantea la definición de un abordaje metodológico particular para conocer la significación que ocurre determinando el siguiente objetivo:

Objetivo 6: Desarrollar estrategias metodológicas desde un abordaje semiótico para colaborar en el análisis de la interacción en las prácticas educativas mediadas por tecnología.

Se propone abordar el estudio del fenómeno educativo a partir de las interacciones y de los discursos que se construyen en el aula, como escenario sociocultural, cuando se trabaja en la construcción conjunta de significado. En particular se seleccionan clases de Física en las que se utilizan simulaciones computacionales educativas para indagar los modos de interactuar y las características del lenguaje tecnológico que se utiliza en dicho contexto.

A continuación se enumeran los supuestos de partida, que han sido delineados en base a los enfoques socioculturales y situados de la cognición, del aprendizaje y de la enseñanza.

- Concepción constructivista, comunicativa y social de los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Los procesos de enseñanza y aprendizaje, como fenómenos constructivos y sociales, que generan mecanismos de co-construcción de significados compartidos con una dinámica interactiva propia.

- La clase como espacio social, contextualizado y situado donde se produce la construcción y negociación de significados.
- La colaboración como elemento clave del aprendizaje.
- Las tecnologías como instrumentos culturales que pueden transformarse en herramientas cognitivas. Las personas interpretan la experiencia en función de sus propios conocimientos, habilidades, actitudes e intereses. La experiencia es interpretable y posibilita la apropiación de determinados modos de interacción.
- Énfasis en la dimensión semiótica, la que posibilita conocer la dinámica de significación producida en la clase a partir del estudio de las prácticas discursivas y de actuación.
- Se considera al contexto del aula como sistemas de Actividad mutuamente interrelacionados que generan un espacio situado de interacción.
- El conocimiento está en un estado de cambio permanente y transcurre dentro de los sistemas de actividades que se desenvuelven social, cultural e históricamente. Estos sistemas involucran a personas que se vinculan de maneras múltiples y heterogéneas. La posición social, los intereses, los motivos y las posibilidades subjetivas de las personas son diferentes, y ellas actúan de manera situada según cómo definen la situación o el sentido que atribuyen a la tarea.

1.4 Estructura de esta tesis

Este informe, que comunica de manera sistemática el planteamiento de la cuestión que se investiga, el marco teórico, la revisión de la literatura, el diseño empírico y los resultados de la investigación desarrollada así como la discusión teórica de las aportaciones y limitaciones que ofrecen los resultados y líneas de investigación futuras, se divide en cuatro partes.

La primera parte comprende los capítulos II y III. En estos capítulos se presenta el marco teórico en los que se enmarca la investigación. En el capítulo II se ofrece una reseña de los principales referentes teóricos que permiten comprender el papel mediador de la tecnología en las clases de ciencia. Se plantea un recorrido

que parte de considerar el espacio de interacción en el que ocurre el aprendizaje, se transita luego por las aportaciones acerca del papel mediacional de la tecnología, para desarrollar las particularidades de esta mediación instrumental en una clase de ciencia.

El capítulo III se centra en el estudio de las particularidades de la actividad en el aula de ciencia con mediación tecnológica y su abordaje interpretativo desde la Semiótica. El esquema que muestra los diferentes sistemas de actividad que confluyen en el aula de ciencia permite detallar el escenario que se construye en esta investigación. Finalmente se plantea la necesidad de encontrar una metodología que permita conocer cómo se construye el espacio de interacción a partir de estudiar las prácticas de significación.

La segunda parte del informe comprende un solo capítulo, el capítulo IV, en el que se describe el diseño metodológico de esta investigación. Se presenta una descripción detallada y argumentada del método y de los procedimientos e instrumentos utilizados en el desarrollo del trabajo en sus fases de recolección y tratamiento de los datos. Se enumeran las principales hipótesis de trabajo y los referentes conceptuales que las determinan. A continuación se describen las estrategias con las que se realiza el abordaje empírico. Luego, con base en los antecedentes teóricos y empíricos y en las necesidades observadas, se establecen los argumentos que definen a la metodología de estudio instrumental de casos como la más conveniente para esta investigación.

La tercera parte está dedicada a presentar el análisis de datos, resultados y conclusiones del trabajo. Comprende los capítulos V, VI y VII. En el capítulo V se detalla el primer nivel de análisis del proceso interactivo en el aula desde una visión sistémica. El capítulo VI se dedica a la presentación sistemática de los resultados empíricos obtenidos a partir de los tres niveles de análisis definidos para abordar las situaciones de clase. Finalmente en el capítulo VII se presentan los resultados más relevantes, discusiones y conclusiones que cierran esta investigación.

La cuarta parte corresponde a los dos últimos capítulos en los que se presentan las referencias bibliográficas (capítulo VIII) y los anexos (capítulo IX) que complementan lo expuesto en el informe.

CAPÍTULO 2

La mediación tecnológica en la práctica educativa

2.1 Introducción

De acuerdo con lo señalado en el capítulo introductorio, aquí se presentan las principales aportaciones teóricas para el estudio de la interacción digital en el aula desde los enfoques cognitivos, sociales y semióticos. Se recuperan los elementos que posibilitan el análisis del contexto interactivo que se construye al incluir la tecnología al aula de ciencia.

Se busca destacar, asumiendo como marco de referencia la concepción constructivista de la enseñanza y el aprendizaje, la necesidad de abordar la interacción en el aula en estrecha relación con la interacción digital. La tesis fundamental que sostenemos es que los procesos de construcción colaborativa de conocimiento mediados por tecnología en el aula no pueden comprenderse ni analizarse al margen de la interacción digital que permea la construcción de significados que puede lograrse con ellas.

La importancia atribuida a la interacción en el aula ha producido en estos últimos años un creciente cuerpo de investigaciones que muestran la eficacia de la interacción entre alumnos como mediadora y promotora de aprendizajes. En muchos casos buscan caracterizar los mecanismos y pautas interactivas que explican la potencialidad constructiva del aprendizaje en pequeños grupos al compararlas con otras formas de organización del aula. Se suman aquellas que demuestran la importancia del papel del profesor como estructurador y guía de la construcción de significados que realizan los alumnos, ajustando sus ayudas en función de los procesos interactivos que establecen entre sí, con el objetivo de fomentar aquellos tipos de interacción de mayor potencialidad constructiva. Finalmente, también se han incrementado los estudios que muestran interés por comprender el rol de las tecnologías en el aprendizaje de los alumnos considerando la ubicuidad de las éstas en la actualidad.

Desde una perspectiva constructivista, el estudio del espacio de interacción implica conocer los procesos que se construyen en el contexto particular del aula, en donde los sujetos que participan de ella establecen una relación interdependiente con el medio. Estos procesos, construidos por estudiantes, docentes y diseñadores de las herramientas, pueden ser estudiados desde diversos aspectos didácticos, gnoseológicos, comunicacionales, psicológicos y tecnológicos.

Las paredes del aula ya no son los límites del aprendizaje. La enseñanza está ahora ubicada en diferentes canales de aprendizaje distribuido y en colaboración con un rol para el docente de compartir conocimiento.

El marco teórico de la presente investigación se ha construido en torno a los conceptos de herramienta mediacional (Vigotsky, 1979), andamiaje (Vigotsky, 1979), génesis instrumental (Rabardel, 2002) y narrativas digitales (Scolari, 2004).

Los enfoques socio-culturales y situados de la cognición se convierten en los principales referentes que nos ofrecen las lentes para mirar la dinámica interactiva de co-construcción de conocimiento entre profesor y estudiantes al incluir a la tecnología en espacios de prácticas como los esbozados anteriormente. Uno de los aspectos más relevantes en este marco de referencia general es la consideración de la herramienta informática como *herramienta mediacional* en el aprendizaje con computadoras.

Abordar el estudio de las prácticas mediadas por tecnología a partir de un enfoque mediacional lleva a considerar a los medios y en particular a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como instrumentos culturales. Los alumnos construyen sus conocimientos en interacción con su entorno físico y social y su producción depende de la estructura interna de sus conocimientos, del tipo específico de actividad que se le propone (Johsua y Dupin, 2005) y del escenario sociocultural en la que esta se desarrolle. Los procesos interactivos, que se generan en este nuevo escenario, involucran al total de las actividades que el profesor y los alumnos realizan en clase.

La ayuda del profesor y de los pares y, además, en este caso de la tecnología, en el sentido planteado por Vigotsky (1979), es entendida como *andamiaje*,

permitiéndoles a los alumnos abordar tareas más complejas que las que pueden realizar solos. Esta ayuda opera en el campo de la zona de desarrollo próximo (*ZDP*) como espacio específico de interacción en el que ocurre la intervención.

El conocimiento instrumental de las tecnologías digitales, la forma de interpretar e interactuar con la realidad a través de ellas y las implicaciones sociales que conllevan, conforman parte de la cultura de nuestro tiempo. La relación entre las herramientas y los fines con las que se las utiliza es artificial y deriva de la particular formación cultural e histórica (Burbules y Callister, 2006).

Los modelos tradicionales de interacción humano computadora (HCI) permiten caracterizar el componente humano en los sistemas hombre-máquina en relación a los sistemas de percepción y mecanismos cognitivos, pero de manera independiente de la participación que tienen los sujetos en una actividad (Norman, 1991) y sólo permiten predecir de manera parcial las actividades de los sujetos que interactúan en una situación mediada por tecnología. Rabardel (2002) propone el enfoque de la génesis instrumental que se centra en la integración de los objetos en la estructura de las actividades humanas y proporciona una descripción más elaborada de la integración conceptual. Este enfoque sostiene que la génesis de apropiación de los artefactos por los seres humanos es el resultado de las transformaciones en el desarrollo de los objetos, las personas y las interacciones sociales. Los individuos cambian a los artefactos y los ajustan a sus necesidades y condiciones específicas, dominan la forma de operarlos, las tareas que pueden llevarse a cabo, y los métodos que se deben aplicar para hacer las tareas con eficacia. Este es el proceso —de acomodación y asimilación (Piaget, 1973)—por el que una persona convierte un artefacto en instrumento.

Desde la perspectiva semiótica, Scolari (2004) propone estudiar las mediaciones generadas por los intercambios entre sujetos y entre éstos con los artefactos digitales a partir de una aproximación narrativa, que permita entender cómo y porqué se crea sentido mientras se interactúa con un determinado objetivo. Se refiere a la manipulación de objetos virtuales que realiza el usuario de un software y cómo esta manipulación va evolucionando hasta alcanzar el objetivo. Ve a este proceso como una sucesión de estados y

transformaciones que al finalizar han incrementado la experiencia interactiva del usuario.

La revisión de antecedentes teóricos que se presentan a continuación recoge las principales aportaciones de elementos conceptuales sobre la interacción en un espacio de prácticas educativas en el que se incorporan tecnologías interactivas. En primer término, se presenta la teoría socio-histórica del aprendizaje que permiten comprender el contexto social de interacción que se construye en el aula cuando se incluye a la tecnología como mediadora. Seguidamente se presenta una síntesis de las características fundamentales de un conjunto de teorías desde donde pueden abordarse las interacciones digitales y la particularidad de su estudio en el aula de Cs. Nat. La última parte de este capítulo expone aquello elementos conceptuales que permiten analizar las interacciones en un contexto de práctica de enseñanza de las Cs. Nat.

El campo empírico en esta investigación se sitúa en las prácticas educativas que se desarrollan en clases de ciencias Física en las que se utilizan simulaciones computacionales.

El recorrido que se plantea posibilita el acercamiento al espacio de interacción desde tres dimensiones que consideran los aspectos digitales, sociales y conceptuales o disciplinares, que conforman el plano para estudiar la mediación tecnológica en las prácticas educativas.

2.2 Contexto de interacción para el aprendizaje

El estudio de una situación mediada requiere considerar el contexto social, cultural e ideológico bajo el cual se produce la interacción entre los sujetos y la tecnología. En particular en el aula, la utilización de medios interactivos como artefactos de mediación adquiere relevancia en el estudio de las relaciones entre estudiantes, conocimiento y profesor (Onrubia, 2004).

Como menciona Cabero (2006), considerar a los medios desde una perspectiva mediacional implica abordar sus lenguajes, los sistemas simbólicos que movilizan, la pragmática de uso, el diseño, sus posibilidades para la comunicación, el potencial para posibilitar entornos de aprendizaje colaborativo, pero también las necesidades educativas, las características y

peculiaridades de los contenidos a enseñar y el contexto social del aula.

En este contexto, el conocimiento está en un estado de cambio permanente y transcurre dentro de los sistemas de actividades que se desenvuelven social, cultural e históricamente. Estos sistemas involucran a personas que se vinculan de maneras múltiples y heterogéneas según la posición social, los intereses, los motivos y las posibilidades subjetivas que pueden ser diferentes.

Las personas actúan de manera situada, las acciones y las operaciones que realizan cuando se enfrentan a un problema difieren según el sentido que atribuyen a esa actividad (Säljö, Wyndhamn, 2001; pp. 354). Así el significado de una tarea no se puede definir independientemente del contexto en que se realiza y de los supuestos que el individuo considera importantes para sus actos. El significado de la acción como acontecimiento psicológico y comunicativo varía según el contexto.

Otro supuesto que se ha considerado es que el conocimiento y el aprendizaje se encuentran distribuidos a lo largo de la compleja estructura de la actuación que las personas ponen en juego en diversos ambientes a través de diferentes instrumentos. En palabras de Chaiklin y Lave (2001), las cogniciones no se pueden individualizar en la cabeza de las personas ni en las tareas asignadas, ni en las herramientas externas, ni en el medio, sino que residen en las relaciones entre ellos.

El desarrollo de estas nuevas perspectivas como la cognición situada y distribuida ha modificado el rumbo de las investigaciones sobre la interacción en el aula. Estas perspectivas, que mantienen énfasis y matices diversos, han aumentado el reconocimiento de la importancia tanto de los aspectos individuales como de los sociales en el desarrollo y el aprendizaje promovido por la interacción entre iguales.

La ayuda del profesor y de los pares en el aula, y en este caso de la tecnología, recupera el concepto de andamiaje Vigotsky (1979), en el sentido que pueden permitir a los estudiantes abordar tareas más complejas que las que puedan realizar solos. Ocurre en un espacio específico de interacción y puede verse como un mecanismo mediante el cual el profesor logra promover y facilitar en los estudiantes el proceso de construcción de significados y

atribución de sentido Coll y Sánchez (2008).

El discurso determina la realidad del aula, dando lugar a hechos y acciones que definen las relaciones y los intercambios en una situación concreta de interacción social. Considerar el discurso como una actividad que generadora de significado enfatiza la dimensión semiótica del aula en el estudio de las interacciones.

2.3 Concepción Socio-Constructivista del Aprendizaje

Desde una concepción socio-constructivista, el aprendizaje ocurre mediante la interacción del individuo con su entorno. Es un proceso que busca articular nuevas experiencias con el conocimiento previo mediante actividades que se llevan a cabo utilizando los medios, materiales y símbolos proporcionados por el contexto cultural. Se concibe a la educación escolar como una práctica social, sistemática y planificada, cuya finalidad es la de contribuir al desarrollo de las personas en la doble vertiente de socialización e individualización (Engel, 2008). La construcción de conocimiento en situaciones de enseñanza y aprendizaje se concibe como un *proceso complejo* de relaciones mutuas entre alumno, contenido y profesor y se convierte en el núcleo básico de los procesos educativos. El estudio de las relaciones en contextos formales de enseñanza y aprendizaje adquiere sentido desde la concepción constructivista que prioriza la comunicación y las relaciones sociales como motor del aprendizaje (Coll, Mauri y Onrubia, 2008a).

Según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción que hace el ser humano, es decir, es el resultado de la interacción entre las capacidades innatas y las posibilidades del medio. El constructivismo sostiene que el individuo –tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos– no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia que se va produciendo día a día como resultado de la interacción entre esos dos factores (Carretero, 1998).

La construcción se realiza con los esquemas previos, es decir, con lo que ya construyó en relación con el medio. Depende de dos aspectos: -la

representación o el esquema que tengamos de la nueva información y -la actividad, externa o interna, que desarrollemos al respecto. El esquema es una representación de una situación concreta o de un concepto que permite manejarlos internamente y enfrentarse a situaciones iguales o parecidas en la realidad. Pueden ser simples o complejos, generales o específicos. Se asemejan a las herramientas que se utilizan en un trabajo mecánico cualquiera, pueden servir para muchas funciones, o sólo para actividades particulares.

Bajo esta perspectiva se considera que la enseñanza debe partir del nivel de desarrollo del alumno para posibilitar que realicen aprendizajes significativos, procurar que modifiquen sus esquemas de conocimiento y puedan establecer relaciones ricas entre el nuevo conocimiento y los esquemas de conocimiento ya existentes (Carretero, 1998).

Los aportes de las ideas de Piaget (1970) y Vigotsky (1979) han sido fundamentales en la elaboración del pensamiento constructivista para el ámbito educativo. La teoría de Piaget aportó una formulación general sobre la importancia de los factores sociales en el desarrollo de la inteligencia. Por otro lado, una de las contribuciones esenciales de Vigotsky, ha sido la de concebir y estudiar al sujeto como un ser social y al conocimiento como producto social y cultural. Vigotsky sostiene que todos los procesos psicológicos superiores (comunicación, lenguaje, razonamiento y demás) se adquieren, primero, en un contexto social y, luego, se internalizan. Para Vigotsky, esta internalización es, precisamente, un producto del uso en un contexto social de un determinado comportamiento cognitivo.

Otro de los conceptos fundamentales de Vigotsky es el de zona de desarrollo próximo (ZDP) que considera que lo que un individuo puede aprender no depende solamente de su actividad individual. Se refiere a:

“la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz. (...) *El estado del desarrollo mental de un niño puede determinarse únicamente si se lleva a cabo una clasificación de sus dos niveles: del nivel real del desarrollo y de la zona de desarrollo potencial*” (Vigotsky, 1979, p. 133).

La concepción de Vigotsky sobre las relaciones entre desarrollo cognitivo y aprendizaje difiere en buena medida de la piagetiana. Mientras que Piaget sostiene que lo que un niño puede aprender está determinado por su nivel de desarrollo cognitivo, Vigotsky piensa que este último está condicionado por el aprendizaje o, en otras palabras, que el aprendizaje influye decisivamente en la manera en que se produce el desarrollo cognitivo. Por tanto, según Vigotsky, un alumno que tenga más oportunidades de aprender, no sólo adquirirá más información, sino que logrará un mejor desarrollo cognitivo.

Para Vigotsky el desarrollo se asocia a dos líneas o fuerzas evolutivas interactuantes: línea de desarrollo natural y línea de desarrollo cultural. El terreno donde ocurre el desarrollo cultural, es el del impulso, desarrollo y complejización de los procesos psicológicos superiores (PPS). Los PPS se diferencian de los procesos psicológicos elementales (PPE) por su grado diverso de dominio voluntario del comportamiento, de control consciente sobre las propias operaciones psicológicas y por el uso necesario de los instrumentos de mediación, particularmente sistemas semióticos.

Los PPS en su interior pueden clasificarse en *rudimentarios* y *avanzados*. Ambos poseen rasgos comunes pero se diferencian en el grado de control consciente y voluntario que impliquen o en el tipo de uso que hagan de los instrumentos de mediación, particularmente su carácter crecientemente descontextualizado. El abordaje genético explica esta diferencia de acuerdo con su modo de formación. Ambos se conforman como producto de la vida social, en el propio proceso de constitución subjetiva pero el desarrollo de los PPS avanzados requiere de la participación en situaciones sociales específicas y no ocurre por la evolución de los PPS rudimentarios sino por la convergencia y mutua reorganización de los procesos durante el curso del desarrollo mismo. Ambos se constituyen a partir de la participación de los sujetos en actividades sociales, valiéndose de instrumentos mediadores, alguna diferenciación en la naturaleza de tales actividades y en las características de los instrumentos mediadores y de su uso, deberían explicar las diferencias en la constitución de los mismos (Baquero, 2009a).

El desarrollo de los PPS es un proceso artificial. En la medida en que la apropiación implica la interiorización progresiva de operaciones psicológicas

originadas intersubjetivamente y que tal proceso puede quedar trunco o incompleto, el desarrollo de las formas más avanzadas del psiquismo resultará un proceso contingente.

Según la génesis social de los procesos psicológicos éstos atraviesan primero por una fase social, que surge de la actividad exterior con los objetos o con otros individuos para luego atravesar una fase intrapsicológica o individual (Cubero y Rubio, 2005). Para estos autores se asume bajo esta concepción que lo social afecta simultáneamente en dos sentido o planos: macro y microsocial. En el plano microsocial el individuo aprende y se desarrolla gracias a su interacción directa con otros miembros de su cultura. En las interacciones cara a cara el sujeto aprende de otros sujetos, más “expertos” en su contexto cultural, actitudes, contenidos y herramientas psicológicas. El plano macrosocial está determinado por la definición sociocultural e institucional de aspectos tales como los papeles que deben desempeñar cada uno de los miembros de una interacción, de las herramientas materiales y psicológicas más adecuadas para una situación concreta, etc. Este contexto es el que proporciona las reglas, objetivos y motivos que dan sentido a las actuaciones de los participantes en una interacción. Ambos planos actúan conjuntamente, no siendo posible entender las interacciones cara a cara al margen del escenario institucional que les da significación, ni tiene sentido analizar la influencia de los escenarios culturales si no existieran individuos actuando en dichos contextos.

Vigotsky propone una relación mediada entre el hombre y su contexto a través de un vínculo que media la relación (Vigotsky, 1979). Como resaltan Cubero y Rubio (2005), en las formas superiores del comportamiento humano, el individuo modifica activamente la situación ambiental en el propio proceso de relación con ella. A través del uso de herramientas en una actividad el hombre regula y transforma el ambiente y se transforma a sí mismo. Al igual que las herramientas median las relaciones con el entorno físico y lo modifican, las herramientas psicológicas o “signos” median las funciones psicológicas y las transforman. Esta concepción instrumental se encuentra relacionada estrechamente con el origen social de las funciones psicológicas. Los signos, al igual que las herramientas materiales, son artificiales, no sólo en cuanto a su

forma particular, sino también en cuanto a su función y al modo de emplearlos. Tienen carácter social, son producto de una práctica social y el acceso a ellos por el individuo está asegurado porque forma parte de un contexto sociocultural.

Vigotsky (1979) considera al lenguaje como mediador fundamental de la acción psicológica. El lenguaje como instrumento comunicativo media la relación con los demás pero a la vez media la relación con uno mismo, pasa por dos fases o momentos, uno social cuando es utilizado para comunicarse con los otros y después individual cuando adquiere una función intelectual o representacional. En un principio tiene una naturaleza social cuya función es esencialmente comunicativa y regula la relación con el mundo externo (objetos y personas). Además esta función del lenguaje regula y guía de la propia acción.

“Un signo es siempre originalmente un instrumento usado con fines sociales, un instrumento para influir en los demás, y sólo más tarde se convierte en un instrumento para influir en uno mismo (...) Las funciones del pensamiento del niño al principio aparecen en la vida colectiva de los niños en forma de argumentación y sólo después se transforman en reflexión para el niño individual” (Vigotsky, 1960, p. 157, citado por Cubero y Rubio, 2005)

El desarrollo psicológico está asociado a la aparición de nuevas formas de mediación semiótica que puede ocurrir por la aparición de nuevos signos, dentro de los que pueden considerarse en este caso los digitales, o por usos más descontextualizados de los mismos.

2.3.1. Aprendizaje y desarrollo

Una preocupación de Vigotsky fue buscar una concepción alternativa a las dos concepciones que existían sobre las relaciones entre *aprendizaje y desarrollo*. Por una lado, el Objetivismo reduccionista y por otro la psicología descriptiva. El primero reducía el desarrollo al aprendizaje, considerándolo una acumulación de respuestas posibles y de construcción de hábitos o de asociaciones. En esta concepción *el desarrollo es aprendizaje*. Mientras que en la Psicología descriptiva el desarrollo es un proceso interno y el aprendizaje es algo externo que no está implicado en el desarrollo. En esta concepción el desarrollo es condición para el aprendizaje. Los dos enfoques coinciden en la

concepción de desarrollo como elaboración y sustitución de respuestas innatas y en la concepción solipcista del sujeto (Riviere, 1988). Vigotsky resalta la relación temporal que estas concepciones asignan a los dos procesos. Creen que el aprendizaje y el desarrollo son simultáneos y entienden que los ciclos evolutivos del desarrollo preceden a los del aprendizaje. Otra idea implícita en estas concepciones es que ambos implican la acumulación de cambios cuantitativos (Riviere, 1988).

La alternativa que propone Vigotsky considera al desarrollo como un proceso dialéctico complejo, caracterizado por la periodicidad, la irregularidad en el desarrollo de las distintas funciones, la transformación cualitativa de una forma a otra, la interrelación de factores externos e internos y los procesos adaptativos que superan y vencen los obstáculos con los que se enfrenta el sujeto. Si bien aprendizaje y desarrollo no son idénticos el aprendizaje puede convertirse en desarrollo. El aprendizaje sería una condición necesaria para el desarrollo cualitativo, desde las funciones reflejas más elementales a los procesos superiores. El desarrollo de las funciones superiores exigiría la apropiación e internalización de instrumentos y signos en un contexto de interacción. En este caso el aprendizaje sería condición previa al proceso de desarrollo (Riviere, 1988).

La maduración, por sí sola, no sería capaz de producir las funciones psicológicas que implican el empleo de signos y símbolos que son originalmente instrumentos de interacción, cuya apropiación exige, el concurso y la presencia de los otros. El desarrollo consiste en la incorporación e internalización de pautas y herramientas de relación con los demás y depende del grado de desarrollo anterior.

Para Vigotsky el aprendizaje depende del *desarrollo potencial del sujeto*. Consiste en conocer tanto las actividades que el sujeto es capaz de hacer solo (nivel de desarrollo actual) como lo que es capaz de hacer con la ayuda de otros.

Los procesos de desarrollo consisten en la apropiación de objetos, saberes, normas e instrumentos culturales en contextos de actividad conjunta socialmente definidos (familia, escuela). Es indispensable la existencia de dispositivos culturales destinados a promover formas específicas de desarrollo

a través de la organización de actividades sociales particulares. Estos dispositivos permiten la apropiación de herramientas específicas que auxilian en el gobierno de la propia conducta (Baquero, 2009).

Acción mediada como unidad de análisis

Al principio los teóricos de la psicología Histórico Cultural se centraron en el estudio del pensamiento verbal y consideraban que la unidad de análisis para el estudio de los procesos psicológicos era el significado de la palabra. Más tarde fue considerada insuficiente e inadecuada para comprender el funcionamiento psicológico en su globalidad (Wertsch, 1985) porque no incluía los aspectos afectivos ni volitivos y no daba cuenta de las relaciones entre la línea natural y cultural del desarrollo (Cubero y Rubio, 2005). Kozulin (1990) sostiene que el significado de la palabra sólo permite analizar funciones que están mediadas semióticamente, funciones superiores que se desarrollan culturalmente. Surge la acción mediada como nueva unidad de análisis, que parte de los postulados vigotskyanos y los extiende a otros ámbitos y problemas. Esta unidad de análisis es considerada en principio por Leontiev (1959, 1972, citados por Cubero y Rubio, 2005) y desarrollada luego por Zinchenko (1985) y Wertsch (1985).

Las acciones engloban tanto la dimensión individual como socio-cultural de la vida humana y se convierte en un buen instrumento para estudiar y entender al individuo participando en los distintos escenarios de actividad en el medio cultural. Permiten comprender la relación dinámica entre cultura e individuo (Cubero y Rubio, 2005). La ejecución de la acción requiere que el sujeto ponga en juego, en forma simultánea, funciones como la atención, la percepción, la memoria, el razonamiento y deja ver las relaciones entre ellas (Wertsch, 1985). La noción de acción engloba el valor instrumental del significado de la palabra, al ser vista como un proceso mediado a través de instrumentos (materiales y signos). Es decir forma parte del significado de la palabra que puede entenderse como acciones en sí mismas, cuando son puramente verbales o como instrumentos que median las propias acciones (Cubero y Rubio, 2005).

El desarrollo cultural y las prácticas educativas

El concepto de ZDP definido por Vigotsky sintetiza la concepción de desarrollo como apropiación e internalización de instrumentos proporcionados por agentes culturales de interacción. Tales agentes son quienes proporcionan la ayuda, la colaboración o guía durante el aprendizaje Baquero (2009a).

Bajo este concepto el sistema de interacción social que define la escuela busca el desarrollo de aprendizajes que se orienten hacia niveles de desarrollo potencial de los estudiantes. Se crea una zona de desarrollo próximo que se sitúa sobre las posibilidades de acción de los estudiantes que incorporan como potenciales los instrumentos, signos y pautas de conducta de su cultura. El aprendizaje a través de la ayuda es para Vigotsky el factor fundamental del desarrollo (Baquero, 2009a).

El problema de las prácticas educativas se sitúa en el interior de las cuestiones del desarrollo psicológico (Baquero, 2009a; Riviere, 1988). Según Baquero (2009), las características de los procesos de desarrollo psicológicos que subyacen en las prácticas educativas son:

El desarrollo cultural es considerado un proceso artificial.

Los vectores del desarrollo están dirigidos a promover grados crecientes de dominio autónomo (consciente y voluntario) y descontextualizado de los instrumentos de mediación.

Lo anterior implica obtener logros crecientes en el dominio del ambiente, la cultura y sobre sí mismo.

Si se considera que el proceso de desarrollo de habilidades de pensamiento superior se basa el desarrollo de procesos de aprendizaje que operan en áreas del desarrollo potencial para ser expresados e internalizados, la escuela tiende a privilegiar el acceso al dominio de los instrumentos de mediación con un carácter acentuadamente descontextualizado y permitir el acceso a las formas de conceptualización de la ciencia. Según Vigotsky:

“la educación, por su parte, puede ser definida como el desarrollo artificial del niño. La educación es el dominio ingenioso de los procesos naturales del desarrollo. La educación no sólo influye sobre unos u otros procesos del

desarrollo, sino que reestructura, de la manera más esencial todas las funciones de la conducta.” (Vigotsky, 1979, p. 187)

Desde el marco Socio-Histórico, el estudio del impacto cognitivo que produce la escolarización considera los procesos de construcción conceptual y el análisis comparado del desarrollo de las funciones psicológicas en sujetos de diverso grado de escolarización. Algunas características estudiadas son: las habilidades cognitivas presentes en los sujetos; los instrumentos de mediación disponibles; las actividades, reglas y procedimientos efectivos de uso de los instrumentos de mediación; los dispositivos instruccionales destinados a regular las actividades y las reglas particulares del discurso escolar.

Lo que produce mayor impacto en la escuela sobre los procesos cognitivos son las características de las situaciones y los instrumentos de mediación que se utilizan. Según Baquero (2009a), algunas de las condiciones que implican trabajar con las reglas que impone la escuela son según:

- 1) Participar en actividades que demandan cognición y voluntad de una manera particular.
- 2) Dominar gradualmente instrumentos de mediación crecientemente descontextualizados. Estos instrumentos de mediación (como la lengua y los conceptos científicos) portan una estructura y características propias cuyo dominio es inherente al dominio del instrumento mediador.
- 4) Aprender e interiorizar el dominio de un instrumento de mediación con su estructura intrínseca y con su modalidad y régimen de uso escolar. El texto del aprendizaje se enhebra con el contexto que regula el aprendizaje.
- 5) Comprometerse con el régimen escolar que implica un régimen discursivo particular y una organización material de las actividades también específica. Se regulan tiempos, espacios y distribución de responsabilidades en el desarrollo de las tareas.
- 6) Aprender tanto el dominio de los instrumentos o sistemas conceptuales, los procedimientos de su uso en abstracto como su recontextualización en el escenario escolar.
- 7) Posicionarse ante actividades que demandan tareas cognitivas extrañas,

que exige una motivación completamente diferente a la que impulsa el desarrollo espontáneo en contextos cotidianos.

- 8) Dominar la lengua escrita y el desarrollo de conceptos científicos como ejemplos de grados de desarrollo alcanzable en las actividades escolares. Por ejemplo: dominio de instrumentos de mediación específicos; carácter creciente descontextualizado de los instrumentos de mediación que se dominan; necesidad de sujeción a las reglas intrínsecas al uso de dichos instrumentos, que se derivan de su función y características particulares; necesidad de sujeción a las reglas extrínsecas que hacen a su utilización en los contextos particulares de su adquisición o uso; aprehensión de los motivos particulares que regulan la funcionalidad y el uso de tales instrumentos en los contextos particulares; aprehensión o sujeción externa a tales motivos o voluntad de trabajo.
- 9) Ser un sujeto activo, sujeto a cierto régimen de trabajo intelectual que permita crecientes grados de toma de conciencia de las propias operaciones intelectuales y un dominio creciente y voluntario de su actividad.

2.3.2 La ZDP colectiva y los mecanismos de Influencia Educativa

El aprendizaje es un proceso activo de construcción de significados y atribución de sentido, por parte de los alumnos, orientado por la naturaleza cultural de los contenidos. En este sentido la educación incide en los aprendizajes de las personas al determinar qué se debe aprender, cómo y cuándo.

Durante el proceso los alumnos relacionan el conocimiento ya existente en su estructura cognitiva con el material de aprendizaje. El profesor con su participación determina las actividades que realizarán los alumnos y establece las condiciones para el aprendizaje. De esta manera el proceso de construcción que realizan los alumnos se transforma en una actividad compartida, en la que el profesor adopta el rol de guía y orientador.

La ayuda del profesor y de los pares opera en el campo de la ZDP como espacio específico de interacción en el que ocurre la intervención y varía según las necesidades de cada alumno a lo largo del proceso de construcción de conocimiento. Considera los esquemas de conocimientos de los alumnos en

relación al contenido de aprendizaje y busca la manera de cuestionar los significados y sentidos ya construidos para ampliarlos y enriquecerlos Engel (2008).

Las ZDP se interpretan en términos de sistema social. Esto implica reconocer que una situación dada se define de acuerdo con las representaciones que de ella poseen los sujetos implicados. Se desarrolla un funcionamiento psicológico intersubjetivo cuando los interlocutores que participan en la situación comparten, de manera consciente, la misma definición de ella (Baquero, 2009a; 2009b). Son fenómenos colectivos y no individuales para explicar cómo aprenden las personas a hacer cosas que no han hecho antes (Engeström, 1987; Baquero, 2009a y 2009b). “Lo nuevo” es una invención colectiva frente a los dilemas y contradicciones que impiden la actividad en curso y promueven el movimiento y el cambio (Lave, 2001; pp. 25).

Las distintas actuaciones durante la construcción conjunta de conocimiento hacen referencia al concepto de *Influencia Educativa* (Coll, Onrubia y Mauri, 2008). Tal Influencia es entendida como un mecanismo de ayuda que consiste en la elaboración de una ZDP y el ofrecimiento de la asistencia o apoyos en ella. Las actuaciones consideran no sólo las ejercidas por el profesor cuando guía a sus alumnos sino también aquellas ejercidas por los alumnos cuando colaboran con sus compañeros en el desarrollo de las actividades escolares.

Engel (2008), destaca tres características de las ZDP que considera necesarias para comprender las actuaciones que pueden favorecer la construcción compartida: a) se entiende que lo que una persona es capaz de hacer en un momento dado gracias a la ayuda y soporte de otros en la ZDP, podrá más tarde dominarlo y realizarlo de manera autónoma; b) la ZDP no es propiedad ni de uno ni de otro de los participantes en la interacción sino que se crea en la propia interacción en función de los conocimientos que aporta el participante menos competente sobre la tarea o contenido de aprendizaje y de los soportes y ayudas empleados por el participante menos competente; c) la ZDP es dinámica, está en constante cambio en función de la tarea y contenido de que se trate, los conocimientos que se ponen en juego y las formas de ayuda empleadas en la interacción.

El concepto de influencia educativa implica dos mecanismos: el traspaso

progresivo de responsabilidad y el control del profesor a los alumnos y la construcción progresiva de significados compartidos. Para el estudio del traspaso progresivo de responsabilidad y control en el aula se recurre al concepto de *andamiaje* (Wood, Bruner y Ross, 1976). Se entiende por andamiaje a una situación de interacción entre un sujeto experto, o más experimentado en un dominio, y otro novato, o menos experto, en la que el formato de la interacción tiene por objetivo que el sujeto menos experto se apropie gradualmente del saber experto; el formato debería contemplar que el novato participe desde el comienzo en una tarea reconocidamente compleja, aunque su participación inicial sea sobre los aspectos parciales o locales de la actividad global y aun cuando se requiera del andamiaje del sujeto más experto para poder resolverse. La idea de andamiaje se refiere a la actividad que se resuelve colaborativamente teniendo en el inicio un control mayor o casi total el sujeto experto y que delega gradualmente sobre el novato (Baquero, 2009a; pp. 148).

El concepto de ayuda, como mecanismo de influencia educativa, considera la actuación independiente de los alumnos al final del proceso. Para que esto ocurra las situaciones que proponga el profesor tienen que considerar: la participación de los alumnos en el marco global de la tarea y ofrecer la posibilidad que el alumno asuma algún tipo de responsabilidad desde el inicio y en el nivel que le sea posible; el ajuste continuo del tipo de ayuda según las dificultades que encuentren y el grado de avance en la resolución de la tarea; el retiro de las ayudas en la medida en que los alumnos incrementen sus competencias y demuestren una mayor autonomía y control del proceso de aprendizaje.

En los contextos de aprendizaje colaborativo tal y como lo plantea Engel (2008), la ayuda del experto no sólo considera las interacciones comunicativas que pueden darse cara a cara durante el proceso sino también la disposición de los escenarios en lo que se concretará la situación de aprendizaje. Tales escenarios involucran desde el planteamiento de la tarea hasta los medios necesarios para su realización.

La construcción progresiva de significados compartidos entre profesor y alumnos es considerado como el resultado de una negociación constante entre

los participantes (Edwards y Mercer, 1988; Wertsch, 1999, 1988, 1979). Este mecanismo es posible gracias a la potencialidad del lenguaje que posibilita la construcción de sistemas de significados cada vez más ricos y complejos como producto de la explicitación de las representaciones sobre los contenidos de aprendizaje y su negociación.

Para Vigotsky (1992) el significado de la palabra es una generalización del concepto y es por eso considerado el acto más específico y auténtico del pensamiento. El proceso de conceptualización es entendido como una práctica social dialógica mediada por el lenguaje y por el otro. O sea en la interacción con otras personas más experimentadas, colegas o el propio profesor y utilizando un amplio conjunto de herramientas culturales dentro de las cuales está el lenguaje es que ocurre la construcción de conocimiento (Duarte y Rezende, 2008, pp. 405)

2.3.3 Aprendizaje colaborativo

Desde la perspectiva socio-cultural (Vigotsky, 1979, 1992) se conceptualiza al Aprendizaje Colaborativo (AC) como proceso de interacción en el que se comparten, negocian y construyen significados conjuntamente para resolver un problema, crear o producir algo. Se trata de una comprensión compartida en la que los individuos se benefician de la relación social. Se produce una interiorización de la actividad individual externa versus la apropiación de la actividad compartida.

Según Stahl, Koschmann y Suthers (2006) y Lipponen (2002), existen variadas interpretaciones y definiciones del concepto de AC. Todas tienen en común que consideran a la colaboración como un caso especial de interacción que propicia la co-construcción de conocimiento y el compromiso mutuo de los participantes en la actividad (Lipponen, 2002).

La investigación educativa en relación al AC ha aumentado en los últimos años debido a las elevadas expectativas de mejora de la eficacia y calidad que puede propiciar el uso de las TIC como apoyo a los procesos de trabajo y aprendizaje en grupo (Onrubia, Colomina y Engel, 2008). Lipponen (2002) destaca a la computadora como un medio que puede ofrecer un conjunto de

anclas referenciales para monitorear el trabajo compartido y el entendimiento mutuo.

Consideramos importante reconocer en esta investigación aquellas que resaltan tipos especiales de interacción tales como el compromiso mutuo de las partes, la colaboración como un proceso de participación en comunidades de práctica o comunidades de construcción de conocimiento como pueden ser las que se sitúan en el aula.

2.4 La tecnología en el aula y la mediación instrumental

El estudio de la integración de las tecnologías en la actividad humana ha sido abordado desde un marco conceptual que tiene sus orígenes en los desarrollos de Heidegger⁶(1962) y Vigotsky (1979) en relación al concepto de actividad mediada por instrumentos.

2.4.1 La tecnología como herramienta cognitiva

Las posibilidades de comunicación, intercambio, acceso y procesamiento de la información que ofrecen las TIC se constituyen en claves para comprender y valorar su impacto sobre las actividades que se desarrollan en el aula.

El enfoque histórico-cultural del aprendizaje sostiene que la mediación instrumental produce un cambio estructural en la cognición humana, donde las herramientas como artefactos culturales orientan la mediación hacia afuera y los símbolos hacia adentro (Vigotsky, 1979), dos aspectos del mismo fenómeno de mediación bidireccional (Cole y Engeström, 2001).

Dentro de esta perspectiva la computadora es considerada una herramienta cognitiva (Cole y Engeström, 2001; Jonassen, Carr y Yueh, 1998; Jonassen y

⁶ La esencia de algo no simplemente significa lo que la cosa es, sino que aún más lejano, el modo en el cual alguna cosa sigue su curso, el modo en el cual se la recuerda a través del tiempo así como lo que es. ¿Qué es la tecnología? se conocen dos declaraciones respecto a esto. Una dice: la tecnología es un medio para un fin. La otra dice: la tecnología es una actividad humana. Las dos definiciones de tecnología se juntan. Proponer fines y alcanzarlos y utilizar medios para ello es una actividad humana. La fabricación y utilización de equipos, herramientas, y máquinas, las cosas fabricadas y usadas en sí mismas y las necesidades y fines para los que sirven, pertenece a lo que la tecnología es. La tecnología es en sí misma un instrumento.

Rohrer Murphy, 1999; Lajoie, 1993; Derry & Hawkes, 1993; Pea, 1993; Crook, 1998), un instrumento único de mediación entre las actividades de enseñanza y la asimilación cognitiva (Rodríguez Illera, 2004). Las herramientas mentales o cognitivas son herramientas de construcción de conocimiento cuando los alumnos aprenden con ellas y no de ellas (Jonassen and Carr, 2000). En este sentido, los alumnos son intérpretes, organizadores y diseñadores de su conocimiento personal. Cada herramienta mental utiliza un formalismo diferente para representar el conocimiento que poseen los alumnos lo que involucra un conjunto diferente de habilidades cognitivas críticas.

Cuando un estudiante aprende a través de una actividad mediada por una aplicación informática adquiere conocimiento de la disciplina que estudia, pero también desarrolla habilidades cognitivas que sólo pueden adquirirse interactuando con “la computadora”.

En el ámbito de la investigación educativa, el término herramienta cognitiva ha sido muy utilizado para referirse a los diferentes papeles que podrían asumir las computadoras en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Para Jonassen, Carr y Yueh (1998) las herramientas cognitivas hacen referencia a las tecnologías, tangibles o intangibles, que pueden mejorar la potencia cognitiva del ser humano durante el pensamiento, la resolución de problemas y el aprendizaje. Se convierten en formalismos que permiten pensar acerca de ideas y condicionan las formas de organizarlas y representarlas por ello, necesariamente, comprometen diferentes clases de pensamiento.

Para Lajoie (1993) las herramientas cognitivas hacen referencia a aquellas herramientas que pueden asistir a los estudiantes en la realización de tareas cognitivas como por ejemplo: apoyar procesos cognitivos y metacognitivos, permitirles realizar actividades que de otra forma estarían fuera de su alcance, facilitarles la generación y testeo de hipótesis en el contexto de resolución de problemas. Según Derry & Hawkes (1993), la noción de Vygotsky de herramienta cognitiva apunta a un objeto provisto por el ambiente de aprendizaje que permite al estudiante incorporar nuevos métodos auxiliares, o símbolos, a su actividad de resolución de problemas, recursos que, de otro modo, podrían no estar disponibles.

Estas aproximaciones consideran a la computadora una herramienta cognitiva a la par del lenguaje, el mapeo cognitivo, los símbolos matemáticos y consideran que en toda elaboración o construcción entran en juego varias herramientas cognitivas que pueden tener soporte computacional. Autores como Dede (2000), Coll, Mauri y Onrubia (2005), Jonassen, Carr y Yueh (1998) sostienen que las características y propiedades de las herramientas tecnológicas, condicionan, pero no determinan sus usos pedagógicos.

La inclusión de la computadora en el desarrollo de una actividad puede ocasionar desde simples cambios en ella hasta su reconfiguración completa. Esto muestra los diferentes roles que pueden cumplir las herramientas tecnológicas como *amplificadoras* o *reconfigradoras* de las actividades cognitivas (Pea, 1993; Crook, 1998). Esta distinción pone en relieve la organización funcional, o características sistémicas, de la actividad humana. Kommers (2004) afirma que las herramientas de aprendizaje podrían cambiar las formas de aprender, dado que son ellas las que posibilitan la representación de lo que se piensa e imagina. Coll y Martí (2001) señalan que la computadora que tendrían efectos sobre los procesos cognitivos: el *formalismo* (previsión y la planificación de las acciones) ayuda al desarrollo de autoconciencia y la autorregulación; la *interactividad*, potencia el protagonismo del estudiante, permite la adaptación de la enseñanza a distintos ritmos de aprendizaje y favorece la motivación y la autoestima; el *dinamismo* ayuda a interactuar con realidades virtuales que simulan situaciones reales, favoreciendo la exploración y la experimentación; la *multimedialidad* permite diferentes representaciones que se integran y complementan; la *hipermedialidad* facilita relaciones flexibles y múltiples entre la información; la *conectividad* abre nuevas posibilidades para el trabajo grupal y colaborativo.

2.4.2 La mediación instrumental

La caracterización de la componente humana en los estudios sobre la relación hombre-computadora ha sido abordada, desde modelos tradicionales que consideran los factores humanos como pueden ser el sistema perceptual y los mecanismos cognitivos, sin considerar la actividad en la que se involucra el sujeto.

El desarrollo de modelos interactivos para el diseño de artefactos computacionales ha transitado por diferentes etapas, desde modelos normativos (conducta racional a través de esfuerzos) pasando por modelos descriptivos que consideran el comportamiento observado del usuario hasta finalmente modelos formativos o generativos que se caracterizan por ser aproximaciones donde los usuarios finales terminan el diseño.

El enfoque centrado en la actividad considera las dimensiones constructivas de la actividad del usuario. Varios autores han identificado las complejas relaciones entre el uso y el diseño (Winograd y Flores, 1986; Suchman y Trigg, 1991) y aún más, que el diseño continúa en el uso (Rabardel, 1995, 2002, Henderson y Kyng, 1991; Vicente, 1999).

Rabardel y Bourmaud (2003), abonan al desarrollo de esta nueva generación de modelos que permitan la comprensión y explicación de las dimensiones constructivas de actividad del usuario. El enfoque que presentan, que describe la continuación del diseño en uso, contribuye al desarrollo de “modelos generativos”⁷.

Proponen un marco teórico para comprender lo que es un instrumento para la persona que lo usa y cómo ésta continúa el diseño en el uso a través de procesos de génesis instrumental tanto individuales como colectivas. Los instrumentos aparecen, por lo tanto, como entidades privadas y sociales que resultan de su historia, utilizados en forma individual y colectiva y compartida por los grupos de trabajo y las comunidades.

Rabardel y Waern (2003) identifican seis principios que forman las bases de la nueva generación de modelos:

Se consideran dos puntos de vista en relación con los artefactos (Norman, 1991), vista personal y vista sistémica. Desde la perspectiva personal, adoptada por el usuario (sujeto de la actividad), el artefacto cambia la naturaleza de la tarea. En la perspectiva sistémica, comúnmente adoptada por

⁷ Según Rassmussen (1997) en varias ciencias humanas se presenta una tendencia común en el modelado del comportamiento. Los esfuerzos se mueven de los modelos normativos del comportamiento racional hacia enfoques de representación directa del comportamiento que realmente es observado, a través del empleo de modelos de comportamiento observado menos racional basados en modelos de desviación racional, y en última instancia el modelado de los mecanismos de generación de comportamiento.

diseñadores o investigadores, el sistema se estudia como compuesto por la persona, la tarea y el artefacto que es considerado amplificador de las capacidades funcionales del sistema.

Los modelos generativos toman en cuenta la asimetría entre los sujetos y sus artefactos. Mientras que la perspectiva sistémica trata al artefacto y al usuario como simétricos en términos de su interacción en el sistema como un todo, la perspectiva personal es básicamente asimétrica.

Los artefactos sirven como mediadores de las acciones entre los sujetos y sus objetos (Leontiev, 1978; Kuutti, 1996; Kapteinin, 1996; Engeström, 1992; y Wertsch, 1999).

Se consideran las bases sociales y culturales de los artefactos (Leontiev, 1978; Cole, 1990; Wertsch, 1999).

Los usuarios toman los artefactos de mediación como objetos que serán apropiados durante el desarrollo de un proceso.

La actividad que es mediada por instrumentos es siempre dependiente de la situación. Esta afirmación se ve respaldada por las investigaciones que consideran la naturaleza situada de la acción (por ejemplo, Suchman, 1987; Lave 1991, 2001).

Son numerosos los estudios que dan cuenta de la distintas funciones que pueden cumplir los artefactos, superadoras de aquellas que sólo consideran la función representacional de los mismos y que permiten enriquecer el concepto de artefactos (Cerrato Pargman and Waern, 2003; DeCortis, Rizzo y Saudelli, 2003). Kaptein (2003), toma como referencia el concepto de *artefacto cognitivo* de Norman (1991): “*Un artefacto cognitivo es un dispositivo artificial diseñado para mantener, mostrar u operar sobre determinada información con el objeto de cumplir una función representacional*” (p. 17), para mostrar las ventajas de los nuevos modelos. Las características que destaca son: a) considera otros factores, como pueden ser los emocionales, físicos, sociales, del uso de las tecnologías; b) son entendidos para uso colectivo y no sólo individual y c) los artefactos cambian las competencias de los individuos.

Otros estudios que consideran la aproximación instrumental junto con otras aportaciones en el área de la HCI (Hutchins, 1995; Nardi, 1996) contribuyen a

enriquecer el concepto de artefacto como determinado por el contexto social que se ve cambiado activamente por el instrumento y que éste a su vez se transforma en desarrollo y es una componente clave de las actividades individuales y grupales.

Un aporte importante es el que desarrollan los teóricos de la actividad, que enfatizan la importancia no sólo de lo cognitivo sino también a los aspectos sociales, culturales y de desarrollo del uso de la tecnología. Ofrecen un marco muy diferente para estudiar el proceso de integración en el que adquiere fundamental importancia la dimensión constructiva de las actividades de los usuarios.

Teoría de la génesis instrumental

Rabardel (2002), considera una perspectiva centrada en la actividad de las personas y en los procesos de desarrollo y apropiación para presentar la Teoría de la Actividad Mediada por Instrumentos y Génesis Instrumental.

Esta teoría busca conocer cómo los sujetos se apropián de las *tecnologías*. Se considera la posibilidad del diseño en uso de los artefactos que puede llevarse a cabo si se estudian los procesos que desarrollan los usuarios en el transcurso de actividades históricamente situadas. La computadora no es vista como un objeto acabado que sólo puede ser modificado por los expertos. Se contemplan los múltiples usos que el usuario final puede darle aunque se reconoce que el usuario siempre modifica el uso y utiliza sólo un subconjunto de las funciones disponibles.

La aproximación instrumental focaliza en la integración de los artefactos en la estructura de las actividades humanas. Sostiene que la apropiación genuina de los artefactos por los seres humanos es el resultado del desarrollo y transformación de los artefactos, los individuos y las interacciones sociales. No sólo los individuos cambian los artefactos y los ajustan a las necesidades y condiciones específicas sino que ellos también se vuelven más eficientes en cómo operarlos, qué tareas se pueden realizar con ese instrumento y cuáles son los métodos que tienen que aplicarse para realizar la tarea en forma eficiente. Permite entender la significación que hace la persona del instrumento

y cómo es el diseño en uso a partir de estudio de los procesos de génesis instrumental individuales y colectivos.

En este marco se considera el doble carácter de los instrumentos: una componente que proviene de los artefactos mismos y otra componente que proviene de los esquemas de utilización de los usuarios. Esta doble vertiente que caracteriza a los instrumentos humanos hace que se vuelvan órganos funcionales para los sujetos (Kaptelinin, 1996). Tanto los instrumentos como la adaptación informal de las actividades a los instrumentos relacionan la variación de la situación con el desarrollo de los instrumentos por medio de la génesis instrumental. El desarrollo a través del uso es considerado una característica intrínseca de la actividad humana.

La conceptualización de los instrumentos es vista como una actividad distribuida entre diseñador y usuario. El diseñador elabora una propuesta instrumental que plasma en el artefacto, en la que considera las operaciones anticipadas que piensa hará el usuario cuando lo utilice. El usuario puede o no aprovechar las facilidades previstas por el diseñador para desarrollar su propio instrumento y realizará aquellas operaciones que satisfagan sus necesidades según la situación (diseño en uso).

Rabardel y Borumaud (2003) muestran que los artefactos digitales no son ofrecidos a los usuarios en el sentido que ellos pueden tomarlos u usarlos sino que a través de una serie de adaptaciones y personalizaciones los usuarios instrumentalizan el sistema. Lo transforman en una unidad funcional que está formada parcialmente por las propiedades de los artefactos y parcialmente de los atributos del usuario.

Usuarios y artefactos. Diseño en uso

Es indiscutible la necesidad de incluir al usuario en el diseño de los artefactos y de considerar los procesos por los cuales los artefactos se transforman en instrumentos. Como se mencionara anteriormente, las aproximaciones actuales que estudian el diseño de artefactos van desde aquellas en las que el usuario crea nuevos artefactos para poder utilizar lo que les ofrece el diseñador, pasando por otras en los que se considera el aprendizaje mutuo entre

diseñadores y usuarios, aunque todos abonan a la idea del diseño en uso.

En esta perspectiva se requiere que los artefactos sean diseñados de manera que puedan ser eficientemente transformados en instrumentos en una práctica de uso. Se basa en el diseño flexible o abierto de los artefactos para que puedan ser modificados por los usuarios y ajustados a las necesidades de la tarea. Los diseñadores tienen en cuenta las prácticas y necesidades reales de los usuarios que esperan apropiarse de los artefactos (Kaptelinin, 2003).

Bajo esta perspectiva, las investigaciones que focalizan en el diseño proponen el intercambio de roles o de actividades entre diseñador y usuario, o introducen la distinción entre diseño-para-el-uso y diseño-en-uso. Se enfocan hacia un diseño participativo que eventualmente se vuelve complejo de llevar a cabo si se considera el desenfrenado desarrollo del software (Kaptelinin, 2003).

Rabardel y Bourmaud (2003) consideran que uno de los mayores desafíos es tomar en cuenta y anticipar las actividades de diseño en uso dentro de un proceso de diseño institucional. El diseño deberá ser claramente manejado y considerado como una actividad distribuida entre un rango de actores que participan en diferentes situaciones e instituciones. Se trata de un diseño que considera lo colectivo.

La génesis instrumental como herramienta conceptual

La perspectiva de génesis instrumental es asociada a fenómenos que están directamente relacionados a la integración de artefactos a las actividades. Se ha convertido en una herramienta analítica de la apropiación genuina de los artefactos, que puede ser completada a través de la instrumentalización (ajuste de la herramienta), instrumentación (desarrollo y habilidades para aplicar la herramienta con el objeto de realizar una tarea significativamente), y orquestación instrumental (integración de la herramienta con otros artefactos).

Kaptelinin (2003) analiza las posibilidades concretas de identificar estas etapas en el desarrollo de una actividad. En lo que se refiere a la instrumentalización se pregunta cómo identificar si una determinada herramienta es artefacto o instrumento en una concreta situación de uso. Durante la actividad los objetos

de mediación formarían parte de un continuo entre artefacto e instrumento. Piensa en la posibilidad de encontrar una taxonomía de fases intermedias que permita describir la trayectoria en desarrollo de artefacto a instrumento.

Rabardel y Bourmaud (2003) consideran como la unidad de análisis para investigaciones sobre el uso de herramientas por los seres humanos a la actividad mediada (**Figura 1**), que guarda las propiedades características de los individuos, las herramientas culturales y el contexto. Proponen tres orientaciones en relación con la mediación instrumental: *hacia el objeto de la actividad, hacia otros sujetos y con ellos mismos*.



Figura 1: representación de la acción humana según Vigotsky (acción mediada).

La mediación hacia el objeto de la actividad es dividida en dos tipos: a) mediación que busca conocer cada vez más al objeto (mediación epistémica hacia el objeto) y mediación que concierne a la acción sobre el objeto (mediación pragmática hacia el objeto). La mediación hacia otros sujetos (mediación interpersonal) puede ser también epistémica o pragmática dependiendo de dónde está puesta la acción de conocer, en el sujeto o en cómo actuar sobre él. Esta mediación puede tomar también otros valores según la naturaleza de la actividad: mediación colaborativa, en el contexto del trabajo en grupo, mediación inter-subjetiva, mediación social. La última de las mediaciones considera la mediación reflexiva a través de la cual el sujeto se relaciona con el mismo mediado por el instrumento. Vigotsky llama

“instrumentos psicológicos” a estos instrumentos que median la relación del sujeto con él mismo y con otros. Para Rabardel (1991) estas mediaciones no son características específicas de un tipo particular de instrumentos. Todos los instrumentos son potenciales mediadores de las tres relaciones antes mencionadas.

Artefacto o Instrumento

El instrumento no puede ser reducido a un objeto tecnológico o máquina, es una unidad funcional mixta hecha de componentes que provienen del artefacto y otras que provienen del sujeto.

La idea de órgano funcional físico desarrollada por Leontiev (1981) y que fuera retomada por Kapteinin y sus colaboradores en el campo de la HCI (Kapteinin and Kuutti, 1999; Kapteinin 1996a, b) como unidades funcionales asociadas a entidades heterogéneas, permite comprender las relaciones entre los instrumentos y los seres humanos.

Desde la perspectiva mediacional esta relación se ve como un sistema único: un sujeto equipado con muchos tipos de órganos funcionales desarrollados por un background cultural y situado en la historia personal de interacción con el mundo.

El conjunto de funcionalidades que puede ofrecer la computadora puede ser utilizado para transformar el sistema humano, para facilitar el desarrollo de una tarea, pero es sólo un potencial. Para que esto ocurra la situación tiene que ser organizada donde la persona interactúa con el material y pueda reconocer la posibilidad y crear un nuevo órgano funcional o extendido de otro viejo para el nuevo propósito.

Para Kapteinin existen variados tipos de órganos funcionales basados en el uso de herramientas computacionales. Uno de los más importantes puede ser la extensión del plano interno de las acciones. Para contribuir con la HCI a futuro se deben desarrollar conceptualizaciones de los diferentes componentes de los instrumentos de mediación de la actividad.

Definir al instrumento como una unidad funcional mixta con orígenes tanto en el

sujeto como en el objeto permite considerar al objeto como un órgano funcional creado a partir de una componente artefactual y una componente esquema (uno o más esquemas de utilización asociados). De esta manera un esquema de organización puede estar aplicado a un rango de artefactos que pertenecen a la misma clase (por ejemplo un sujeto puede trasladar los esquemas de manejo de una aplicación informática a otra). Por otro lado es probable que un artefacto entre en un rango de esquemas de utilización que le pueden atribuir diferentes significaciones y hasta diferentes funciones.

Rabardel y Bourmaud (2003) plantean la existencia de dos dimensiones en el proceso de génesis instrumental referidas a las dos componentes del instrumento *esquemas de utilización* y *artefacto*. La dimensión de *instrumentación* en la génesis instrumental corresponde a la constitución y evolución de la utilización y de los esquemas de acción mediados por el instrumento. La génesis instrumental también se manifiesta como la evolución del artefacto. Esta es la *instrumentalización*. Dado que la génesis instrumental se da cuando ocurren cambios organizativos, es imprescindible tener acceso a los comentarios que los sujetos realizan durante los diferentes momentos en los que construyen la nueva función, para conocer el proceso de génesis instrumental.

Estos mismos autores resaltan también la existencia de una *dimensión colectiva* en la evolución de los instrumentos que son utilizados por un grupo de personas. Cuando se observa el desarrollo de un instrumento se observan tanto fases de génesis individual como evoluciones del instrumento que son parcialmente diferentes de un usuario a otro y esto lleva a que en algunos casos se deban enfrentar las creaciones de cada uno y a rehacerlas para que el artefacto pueda ser construido. La evolución del instrumento es social y colectiva. El movimiento hacia una herencia compartida es correlativo al desarrollo de los procesos de apropiación en un nivel colectivo e individual. Esta apropiación toma lugar en dos niveles que son distinguidos por Wertsch (1988): *movimiento hacia el dominio de su uso* y *la adopción del instrumento como propio* o como perteneciente a la comunidad. Por ejemplo, puede citarse el movimiento que genera la dimensión colectiva en el diseño de las herramientas de Google. Un caso muy particular lo constituye la incorporación

de teclas rápidas para las operaciones de copiado y pegado de texto en la edición de documentos que se realiza con la herramienta *Docs* de Google.

Los instrumentos no son utilizados en forma aislada, sino que constituyen un *sistema de instrumentos* (Rabardel y Bourmaud, 2003). En toda actividad utilizamos un rango de instrumentos según las necesidades, el objetivo de la misma y el tiempo que tengamos para resolverlas. La lógica de una concreta y específica actividad organiza funcional y complementariamente las relaciones entre los instrumentos y las secuencias temporales de sus sucesivos o simultáneos usos. Muchas veces los instrumentos se encuentran relacionados con una dimensión invariable de clase de situaciones. Esto es, las situaciones se organizan en un dominio de actividad para la cual existe un grupo de instrumentos correspondientes (o que le corresponden). El diseño de un artefacto debería considerar el carácter sistémico de los artefactos para que pueda ser instrumentalizable e integrado en sistemas de instrumentos de diferentes comunidades interesadas. Los autores sostienen que se debe aprehender sobre la gente y el trabajo en comunidades, instrumentos y sistemas de instrumentos y recursos, clases de situaciones, familias y dominios de actividades.

Para concluir es importante resaltar que los instrumentos se constituyen como tal a partir de la génesis instrumental. En principio son artefactos que contienen una propuesta instrumental que posiblemente será utilizada. Por la instrumentalización del artefacto el sujeto los adapta y le da forma al artefacto propuesto. Por la instrumentación él desarrolla o adapta los esquemas de utilización. Este doble movimiento en el desarrollo se corresponde con las dos componentes de los instrumentos: el artefacto y el esquema. Los instrumentos se desarrollan en la medida en que el sujeto busca adaptarlos a la actividad.

De acá en más se utilizará el término artefacto o herramientas indistintamente para hacer referencia a las herramientas tecnológicas que aún no hayan alcanzado el carácter de instrumento para el sujeto.

2.4.3 Las TIC y el Aprendizaje Colaborativo

Las tecnologías ofrecen potencialidades para el aprendizaje muy diferentes de

aquellas disponibles en otros contextos.

El aprendizaje colaborativo mediado por computadora (CSCL) se define como una disciplina de las ciencias de la educación que combina la noción de AC con el potencial de las TIC para apoyarlo y se constituye en un área independiente de estudio de la Tecnología Educativa (Koschmann, 1996). Las diferentes corrientes que se inscriben dentro del amplio espectro del CSCL, manifiestan una visión del aprendizaje que considera los aspectos culturales y del ambiente social como temas centrales del fenómeno en estudio (Koschmann, 1996). Parte de sus argumentaciones sostienen que toda vez que se examina el comportamiento humano en situación de resolución de problemas en la vida real, emerge un fenómeno diferente del puramente individual: los participantes del emprendimiento piensan en conjunción o en sociedad, y actúan con la ayuda de herramientas e implementos provistos por la cultura (Salomon, 1993). Estas ideas vienen acompañadas por una creciente aceptación del punto de vista constructivista de las cogniciones desde donde se las considera situadas y distribuidas y no descontextualizadas o como productos exclusivos de mentes individuales (Resnick, 1987). Estas corrientes consideran que los individuos son agentes activos que buscan y construyen conocimiento en un contexto significativo y cooperativo. La computadora es entendida como una herramienta cognitiva que puede apoyar y facilitar el proceso en la dinámica del grupo, y a la cual el conjunto de individuos puede unir su inteligencia y compartirlo durante el desarrollo de su emprendimiento.

El CSCL se basa en la idea que las aplicaciones computacionales pueden andamiar e implementar procesos socio-cognitivos avanzados para construir y compartir conocimiento (Paavola, Lipponen & Hakkarainen, 2002). Se puede mejorar la interacción entre pares y el trabajo en grupo y estudiar cómo la colaboración y la tecnología facilitan el compartir y distribuir el conocimiento entre los miembros de una comunidad (Lipponen, 2002).

El campo de estudio de CSCL se refiere a un conjunto de aproximaciones, teóricas, metodológicas y empíricas para las situaciones de enseñanza y aprendizaje que involucran algún tipo de uso colaborativo de las TIC. El objeto de estudio de este campo es el uso específico de TIC en situaciones de enseñanza y aprendizaje (Clará y Mauri, 2010).

Desde una perspectiva histórica al CSCL (Lipponen, 2002; Stahl, Koschmann y Suthers, 2006), se puede visualizar las variadas teorías, métodos y definiciones que han acompañado al desarrollo del CSCL. Dado el carácter multidisciplinar de la investigación empírica sobre esta disciplina se adoptan una variedad de métodos provenientes, entre otros, de la antropología, las ciencias de la comunicación, la lingüística, la psicología, las ciencias de la educación, la inteligencia artificial y la sociología. Los métodos típicos de análisis son los métodos etnográficos y el análisis del discurso con datos descriptivos, observacionales no experimentales. En contraste con los predecesores que estudiaban la cognición humana con un diseño experimental y un laboratorio, las investigaciones sobre CSCL se han conducido también hacia contextos del mundo real como puede ser la escuela.

Crook (1994), propone cuatro tipos de interacción en los cuales la computadora puede adoptar diferentes roles: 1) interacciones en la computadora; 2) interacciones alrededor de la computadora; 3) interacciones relacionadas a las aplicaciones de la computadora y, 4) interacciones a través de la computadora.

Los primeros tres aspectos propuestos por Crook, hacen referencia a lo que algunos autores engloban en el enfoque “*interactuar alrededor*”. Este enfoque hace referencia a la utilización de la computadora como herramienta que facilita la comunicación cara a cara entre pares de estudiantes o pequeños grupos. Situaciones de interacción cara a cara donde los significados son mediados a través del lenguaje, los gestos, las expresiones. En estas situaciones la computadora actúa como un ancla referencial y media la coordinación de la atención y las acciones colaborativas. La colaboración se centra en la construcción o exploración de simulaciones o representaciones virtuales.

En el último enfoque, que considera el “*interactuar a través de*”, las TIC combinan espacios de comunicación y sistemas de gestión compartida de documentos que se utilizan para andamiar y apoyar procesos de construcción y elaboración conjunta de conocimiento (Stahl, Koschmann y Suthers, 2006).

Stahl, Koschmann y Suthers (2006) proponen una distinción entre uso colaborativo de las tecnologías y tecnologías colaborativas para salvar algunos errores comunes que pueden llevar a considerar que cualquier tecnología basada en la web es colaborativa. El uso colaborativo hace referencia una

situación en la que, por ejemplo, un grupo de estudiantes trabajan en una computadora corriendo una simulación en física. La simulación en la pantalla puede ayudar a los estudiantes a colaborar, al crear un ancla referencial, un punto de referencia compartido (Crook, 1994). El ancla referencial puede funcionar como un ancla concreta de representación compartida, puede soportar la negociación de significados y mediar las actividades de comunicación de los estudiantes en su desarrollo de entendimiento recíproco. En este caso el software desarrollado para un uso individual es utilizado en la creación y establecimiento de actividades colaborativas.

Estos espacios de discurso compartido y de interacción distribuida pueden ofrecer múltiples perspectivas y la generación de ZDP colectivas para estudiantes con conocimientos y competencias variadas.

Son amplias y heterogéneas las investigaciones que buscan comprender los procesos y mecanismos psicológicos que operan en la interacción entre alumnos en situaciones de AC mediadas por computadora y el papel que pueda ejercer el profesor en la aparición de esos mecanismos (Colomina, Rochera y Mauri, 2005; Lipponen, Hakkarainen y Paavola, 2004; Suthers y Medina, 2010, entre otros).

En la actualidad se ha desplazado el estudio de diseños experimentales a favor de estudios en situaciones educativas reales y naturales. El interés se ha centrado en el análisis cualitativo del contenido del discurso que involucra al texto escrito, el habla y las acciones en pantalla o sintaxis interactiva.

Mediante el análisis del contenido de la comunicación oral o escrita entre profesores y alumnos, o entre alumnos, se exploran patrones del discurso del grupo y se busca elaborar una interpretación del proceso de AC que llevan a cabo sus miembros. No sólo se considera la comunicación escrita u oral sino que también se destaca la necesidad de contar con instrumentos suplementarios como entrevistas, cuestionarios, captura de acciones en pantalla, para explicar mejor el proceso.

El estudio de los procesos de interacción entre alumnos en entornos virtuales ha evolucionado desde modelos simplistas, que sólo consideraban las aportaciones de cada sujeto (Henri, 1992), hacia otros en los que la

importancia se centra en la construcción compartida de significados (Gunawardena y Zittle, 1997). Más adelante pueden considerarse las aportaciones de Garrison y Anderson (2005) que proponen como elemento central de su modelo de análisis de las comunidades de indagación, la presencia cognitiva y la presencia social. Todos estos autores ven al proceso de construcción conjunta como un proceso socio-cognitivo que se desarrolla ordenado secuencialmente. Un proceso que va desde la divergencia a la comprensión compartida y la convergencia, y en el que cada etapa o fase representa un nivel de complejidad cognitiva mayor que la anterior (Kanuka, Anderson, 1998).

Otras investigaciones integran ambos tipos de análisis (Schellens y Valcke, 2005; Veldhuis-Diermanse, 2002). Otras estudian los procesos colaborativos como procesos de razonamiento científico o de argumentación (Andriessen, Baker y Suthers, 2003) y son numerosas las que centran la atención en la interacción social y el sentimiento de pertenencia al grupo.

Se produce un giro hacia el grupo como unidad de análisis que coincide con los enfoques de aprendizaje situado (Lave, 1991; Lave y Wenger, 1991) o construcción compartida de conocimiento (Scardamalia y Bereiter, 1991), también impulsado por la elaboración de la teoría social de la mente (Vygotsky 1979) la cual clarifica la relación entre los aprendizaje individuales con el aprendizaje colaborativo en grupos o comunidades.

La colaboración es principalmente conceptualizada como un proceso de construcción compartida. La construcción de significados no se asume como una expresión de la representación mental de los participantes de forma individual, sino de un logro interactivo. La construcción de significados puede ser analizada como algo que tiene lugar a lo largo de la secuencia de expresiones o mensajes de múltiples participantes. El significado no es atribuible a expresiones individuales de estudiantes de forma individual dado que el significado típicamente depende de las referencias léxicas de la situación compartida, las referencias elípticas a mensajes previos y referencias proyectivas a futuras expresiones (Stahl, 2006).

La interacción colaborativa en el aula

A través de la colaboración los estudiantes discuten sus ideas (van Bruggen, Kirschner y Jochems, 2002), pueden desafiar a otros y comenzar a entender otras perspectivas. Es decir aprenden a negociar significados como miembros de una comunidad de aprendizaje (McInerney, Roberts, 2004a, Tu y Corry, 2002). Para lograr que los miembros de la comunidad puedan aprender con y a partir de los otros en el contexto de interacción definido por la ZDP, es necesario que se forme una conciencia social, que les permita identificar a sus pares, establecer vínculos socio-afectivos para compartir ideas, discutir y alcanzar acuerdos.

El CSCL genera *nuevos espacios de interacción* (Ornubia, Colomina y Engel, 2008). Dillenbourg y cols. (1996) proponen el paradigma de la interacción para abordar las investigaciones empíricas sobre la interacción entre alumnos en contextos presenciales. Este paradigma busca desarrollar maneras de aumentar la probabilidad de que ocurran aquellos tipos de interacción entre alumnos con mayor potencialidad desde el punto de vista de los procesos de construcción conjunta de significados. Se trata por ejemplo de: aumentar la frecuencia de los conflictos cognitivos; fomentar las explicaciones elaboradas; apoyar la creación, mantenimiento y progreso de la comprensión mutua; promover la toma de decisiones conjuntas sobre las alternativas y puntos de vista; impulsar la coordinación de roles y el control mutuo del trabajo; asegurar la motivación necesaria para que los alumnos se impliquen en actuaciones realmente compartidas.

Situándonos en este enfoque el análisis se centra en los procesos mismos de interacción que se desarrollan entre los alumnos. En el aprendizaje colaborativo cada miembro del grupo contribuye a la resolución conjunta del problema (McInerney y Roberts, 2004b). La colaboración depende del establecimiento de un lenguaje y significados comunes respecto a la tarea, y de una meta común al conjunto de participantes. Si en algún momento el grupo recurre a una estrategia de división del trabajo tanto la tarea como la división forman parte de una actividad coordinada, sincrónica, que son el resultado de un intento continuado de construir y de mantener un concepto compartido de un problema.

Desde una perspectiva constructivista de orientación sociocultural, los procesos de aprendizaje que realizan los alumnos cuando trabajan de manera colaborativa involucran a la actividad conjunta, la ayuda educativa (*influencia educativa*) al aprendizaje y el mayor o menor grado de ajuste entre la ayuda ofrecida y la actividad constructiva que los alumnos desarrollan en los procesos de colaboración.

Se identifican dos aproximaciones para estudiar el rol del profesor en los procesos colaborativos. La primera considera las pautas para maximizar la eficacia de la enseñanza y establece el *rol facilitador del profesor*. Se trata de escenarios diferentes a los tradicionales y exige un cambio profundo en la forma de enseñar. El rol del profesor pasa de experto transmisor de conocimientos a guía que ayuda a los alumnos a encontrar, organizar y gestionar esos conocimientos. Se focaliza en las *intervenciones del profesor* (Paulsen, 1995). Otra perspectiva considera el análisis y evaluación de la actuación del profesor en la dinámica de la construcción colaborativa del conocimiento de los alumnos. Se incluye el diseño de la situación educativa y las actividades de aprendizaje propuestas además de la interacción directa profesor-alumnos. Dentro de esta corriente, Garrison y Anderson (2005) definen la *presencia docente*. Se refieren al conjunto de actividades que realiza el profesor integrando la presencia cognitiva y la presencia social para crear y mantener un entorno educativo dinámico. Todos estos trabajos destacan la importancia de la actuación del profesor para fomentar aquellos tipos de interacción entre alumnos que tienen una mayor potencialidad constructiva.

2.5. La Interacción Digital en el aula de Física

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han impactado en los modos de concebir y reelaborar los conocimientos con diferentes niveles de complejidad, permitiendo la creación de ambientes que integran el sistema semiótico de conocimiento y amplían la capacidad humana de representar, procesar, transmitir y comunicar información (Lion, 2006).

Cuando los alumnos trabajan de manera colaborativa con herramientas computacionales en el aula se agrega un nuevo tipo de interacción, las

interacciones digitales. Éstas ocurren en el contexto interactivo en el que confluyen la interfaz de la herramienta y todos los elementos que conforman la práctica (Scolari, 2004).

Para este autor, el estudio de las interfaces y de los procesos que se generan al interactuar con ellas parte de un enfoque que combina la ciencia cognitiva y la semiótica interpretativa que considera a la interfaz un texto con el que los sujetos interactúan. No se piensa a las interfaces como lugares transparentes y neutrales en los que el sujeto interactúa de manera automática, sino que sostiene que detrás de la aparente transparencia y automaticidad de la interacción con ellas se esconden complejos procesos semióticos y cognitivos. El estudio de estos complejos procesos involucra no sólo a los objetos con los que se está interactuado y a las acciones que se llevan a cabo frente a la pantalla, sino también a los aspectos sociales de las interacciones digitales.

2.5.1 Nuevos lenguajes que implican nuevos argumentos. Interfaces y narrativas digitales

Las tecnologías digitales y los nuevos medios que circulan en la cultura son mucho más que instrumentos o máquinas, incluyen todos los significados y sistemas que ofrecen. Todas las tecnologías de la comunicación son *sociales* por los valores que imprimen a sus productos, por los procesos de consumo que desatan, por su relación con otras tecnologías pero a su vez todas las tecnologías de la comunicación son *cognitivas*, por la manera en que transforman nuestra forma de ver el mundo, por la capacidad de reprogramarnos como usuarios, por lo que nos dejan (y no nos dejan) hacer (Scolari, 2008b).

En su libro sobre hipermediaciones Scolari (2008), menciona cuáles son los discursos académicos sobre los nuevos medios y plantea diferentes perspectivas desde donde pueden abordarse: new media, medios interactivos, comunicación digital, cibermedios, metamediums, cibercomunicación o eComunicación. Las presenta como un conjunto o baraja semántica que debe ser contextualizada cada vez que se emprende la construcción de un nuevo territorio de investigación. Por ejemplo si se habla de comunicación interactiva

se activan intercambios con la HCI y la usabilidad.

Orihuela (2003) ha propuesto el término *eComunicación* para nombrar las nuevas experiencias donde la tecnología digital se encuentra en el medio de los intercambios simbólicos. Según este autor en los nuevos paradigmas mediáticos, el usuario se convierte en el eje de los procesos comunicativos, el contenido es la identidad de los medios, el multimedia es el nuevo lenguaje, el tiempo real es el tiempo dominante, el hipertexto es la gramática y el conocimiento el nuevo nombre de la información.

Scolari define las siguientes características que diferencian a las nuevas formas de comunicación de las tradicionales: - transformación tecnológica (digitalización); - configuración muchos a muchos (reticularidad); - estructuras textuales no secuenciales (hipertextualidad); - convergencia de medios y lenguajes (multimedialidad); - participación activa de los usuarios (interactividad).

La digitalización ha desencadenado grandes cambios en nuestra sociedad y se ha transformado en un concepto clave del proceso productivo y en la materia prima de las nuevas formas de comunicación. El contenido del proceso de comunicación es el *multimedia* y el soporte tecnológico las *redes*. La *interactividad* define el proceso de recepción de los contenidos. La digitalización como proceso que reduce los textos a un conjunto de bits que puede ser fragmentado, manipulado, enlazado y distribuido es lo que permite la hipermedialidad y la interactividad (Scolari, 2008; p. 78)

EL concepto de interactividad

“Los medios interactivos nos exigen identificarnos con la estructura mental de otro sujeto”. L. Manovich en Scolari, 2008, pp.93.

El concepto de interactividad puede tener diferentes acepciones. Existe interactividad entre un sujeto y otro pero también entre los intercambios entre un sujeto y un dispositivo tecnológico. En este caso, la interfaz es el espacio de interacción donde ocurre la interactividad. Tiene sus orígenes en el año 1960 cuando Licklider publica su artículo “Man-Computer Symbiosis” en donde expone las bases de la interacción persona-computadora:

“La simbiosis entre el hombre y la computadora es uno de los desarrollos esperados en la interacción cooperativa entre las personas y los ordenadores electrónicos. Esta simbiosis incluirá un acoplamiento cercano entre el hombre y sus socios electrónicos [...] En esta relación simbiótica el hombre fijará los objetivos, formulará las hipótesis, determinará los criterios y realizará las evaluaciones. Las computadoras harán el trabajo necesario para preparar el camino hacia las comprensiones y decisiones en el campo técnico y científico.” (p. 56)

Para Licklider esta relación simbiótica entre el sujeto y la computadora permitiría alcanzar una eficiencia en las operaciones intelectuales difíciles de lograr por un sujeto trabajando aislado.

Más tarde Engelbart considera esta idea de simbiosis para desarrollar lo que sería el primer sistema digital de producción colectiva que también tomaba la idea de hipertexto presentada anteriormente por Bush en su artículo sobre el memex⁸ (Engelbart, 2001). Su proyecto llamado Augment⁹, que permitía a un grupo de trabajadores compartir información dentro de una red de ordenadores y expandir de esa manera su capacidad productiva, constituye una etapa fundamental en la historia de las actuales máquinas digitales interactivas. Los colaboradores de Engelbart fueron quienes a su paso por el laboratorio de Xerox en Stanford crearon los primeros ordenadores con una interfaz gráfica amigable. El interés manifiesto de Engelbart por los usos sociales de la tecnología lo llevó a diseñar y construir, junto con sus colaboradores y seguidores en Stanford, numerosos dispositivos que revolucionaron la forma de interactuar con las máquinas digitales. El mouse, el uso en red de los ordenadores, diseño de interfaces gráficas, sistemas de ayuda integrados a la interfaz, procesadores de texto y sistemas de correo electrónico pasaron a formar parte de cualquier ordenador.

La interactividad, que define a los medios digitales, posibilita una relación transformativa entre el usuario del medio y el medio mismo. Esta capacidad de

⁸ se trata de un dispositivo, ideado por el autor pero nunca materializado por nadie, en el que se almacenaría todo tipo de documentos. Este dispositivo constaría de una mesa con un teclado y palancas que permitiría la consulta de datos almacenados en microfilms que serían posteriormente proyectados en unas pantallas translúcidas. El aparato incluiría también una opción para que el usuario pudiera tomar anotaciones en los márgenes, de manera que el usuario se convierte, a su vez, en autor. Vannevar Bush fue el primero en describir el funcionamiento del Memex en su artículo *As we may think*, en 1945.

⁹ Primer sistema digital de producción colectiva basado en la idea de hipertexto creado por Engelbart (2001), que permitía compartir información dentro de una red de ordenadores.

transformar su flujo y la forma de presentar los contenidos está codificada dentro de los nuevos medios. Define a un nuevo tipo de usuario que decide hacia dónde quiere ir aunque siempre dentro de los límites que le impone el creador del entorno.

La interactividad concreta para Scolari (2004) la dimensión narrativa en la interacción entre el hombre y las máquinas digitales. Se desarrolla en el tiempo siguiendo una cadena lineal de operaciones que generan una sucesión de estados. En esta dimensión, el usuario manipula los objetos virtuales (textos, imágenes, sonidos, etc.) hasta conseguir el resultado previsto y genera en cada fase de su trabajo diferentes estados del sistema.

Manovich (2001) en su libro “The Language of New Media”, discute sobre los diferentes niveles de los nuevos medios, la interfaz, las operaciones, la ilusión y las formas. En su trabajos sobre cómo estudiar a los usuarios del software, (Manovich, 2012) manifiesta la necesidad de adoptar nuevos métodos y desarrollar nuevos conceptos teóricos que permitan conocer cómo el usuario interactúa y no el análisis de los documentos multimedia en sí mismos. Este autor propone la grabación y análisis de experiencias interactivas, por ejemplo concretas interacciones temporales de un usuario particular con el software, conocer los elementos utilizados para construir la experiencia interactiva y no el análisis de los materiales. Se trata de seguir a los diferentes estudiantes y ver cómo ellos progresan a través de la simulación, cómo se explora el espacio de posibilidades definidas por el diseñador y no utilizar sólo nuestra secuencia interactiva como base para el análisis.

Existe una diferencia cualitativa cuando grabamos y analizamos movimientos del cursor del mouse sobre la pantalla, la trayectoria, las características del juego controladas por el usuario, u otros elementos de una experiencia interactiva con un medio basado en software. Lo que se captura y analiza en todos estos casos es el trabajo actual y cómo éste es co-creado por el software y las interacciones del usuario -el trabajo que sólo emerge durante esta interacción y la cual es diferente de sección en sección y de un usuario a otro. Esto es muy diferente a la captura biométrica¹⁰ de datos de test de audiencias

¹⁰ Por ejemplo el uso de tecnologías para capturar los trazos emocionales de una persona y estados cognitivos mientras ella está leyendo un libro, mirando una película, moviéndose a

por ejemplo de un film el cual fue creado de antemano (Manovich, 2012).

Mientras todas las experiencias culturales pueden ser descritas como formas de interacción, los medios interactivos basados en software representan una nueva forma de la cultura humana.

Un contenedor de un texto no interactivo (por ej. un texto sobre una página, la película que se muestra en un teatro) puede verse también como construido cognitivamente en su propia versión del texto. Sin embargo, el material actual o “input” es el mismo para todos los usuarios (al menos en ese momento). En el ámbito de la interacción con el software, este input cambia probablemente todo el tiempo en que se accede a la aplicación. Es co-creado por el software y el comportamiento del usuario al momento de la interacción. Por ejemplo, la secuencia interactiva que el usuario va a seguir al utilizar una simulación será probablemente diferente de aquella que desarrollaría un experto o el mismo docente que tal vez haya seleccionado la simulación. La probabilidad de que dos usuarios sigan la misma secuencia y se dupliquen todas las acciones es nula.

El uso del software replantea las bases de las prácticas culturales y sociales y hace repensar los conceptos de las teorías que se desarrollan para describirlas. En la cultura del software (digital), no se tienen largos documentos, palabras, mensajes o grabaciones en los términos del siglo XX. En lugar de documentos fijos, cuyo contenido y significado podía ser determinado mirando su estructura y contenido, ahora se interactúa con la dinámica de la “performance del software”. La palabra performance hace referencia a que lo que se vive es construido por el software en tiempo real. Es decir, siempre que se explora un sitio web dinámico, se juega un videojuego, o se utiliza un teléfono móvil para ubicar un lugar particular o encontrar a un amigo, el interés está puesto en la salida dinámica de un cómputo en tiempo real que ocurre en nuestro dispositivo y no en un documento estático predefinido.

Los programas de computadora pueden usar una variedad de componentes para crear esta performance: templates de diseño, archivos almacenados en

través de un ambiente de construcción, o interactuando con otras formas de medios más antiguas. Captura de indicaciones de actividad cerebral usando EEG o MRI; grabación de movimientos de los ojos; trazos del pulso; captura respuestas forzadas de la piel; etc.

una máquina local, medios desde una base de datos en un servidor web, el input en tiempo real del mouse, pantalla táctil, joystick, el cuerpo en movimiento, u otra interfaz, etc.

Las interfaces digitales y la producción de significado

Cuando los desarrolladores y diseñadores crean un ambiente virtual interactivo o una interfaz de software, y generan con él ciertas funciones o características particulares, introducen al usuario en una experiencia interactiva basada en principios semióticos (Scolari, 2004).

Los ambientes interactivos multimedia integran diferentes sistemas semióticos. En estos ambientes el sentido es también construido por las diferencias y los opuestos en el diseño, lo que determina la compleja gramática de las interfaces. Se considera a las interfaces como dispositivos de producción de sentido.

El estudio de las interfaces considera los objetos de presentación que constituyen la vista de la misma (colores, formas, dimensión); los formatos en que es representado el contenido (texto escrito, audio, video, imagen); la gramática de interacción propuesta; la dimensión narrativa de la interacción; y el sentido de los procesos de producción que involucran a usuarios y diseñadores.

Desde una perspectiva semiótica los procesos de interpretación están inscriptos en el texto (en nuestro caso, en la interfaz). Cualquier texto incluye un programa de comunicación, un propósito de lectura o contrato que el lector debe aceptar y activar durante los procesos de interpretación. Por la misma lógica las interfaces incluyen un propósito de interacción que el usuario debe aceptar para realizar acciones en el ambiente interactivo.

La interpretación gráfica de una interface no es nunca un proceso inmediato. Este es un proceso dinámico en el cual operan tres componentes: la perspectiva material sobre la cara de la interface; los marcos de conocimiento y habilidades adquiridos previamente por diseñadores y usuarios; las operaciones perceptivas e interpretativas del usuario. Estos tres elementos se

interrelacionan durante el proceso de interpretación: el diseñador inscribe en la interfaz una serie de instrucciones e información para el usuario, definidas por los científicos cognitivistas como *affordance* (Gibson, 1979).

Esta concepción considera que el aspecto exterior de un objeto (su superficie, su forma, la textura de los materiales con los que fue construido, sus dimensiones) indica que se puede utilizar para un fin determinado (excluyendo otros posibles usos). Ve a los objetos como un paquete de instrucciones que indican las propiedades reales y percibidas de las cosas materiales; en primer lugar aquellas propiedades fundamentales que determinan cómo se podría usar ese objeto. Las affordances brindan importantes sugerencias para el funcionamiento de las cosas. Las instrucciones entran a formar parte del objeto y se presentan bajo la forma de un programa virtual y replegado que el sujeto despliega y reconoce durante el proceso perceptivo-cognitivo. Este programa operativo desplegado será el encargado de activar los guiones archivados en la enciclopedia¹¹ del usuario y guiar la interacción (Scolari, 2004).

Para interpretar la interfaz el usuario aplica marcos basados en estas instrucciones y estas nuevas experiencias cognitivas son integradas en los marcos ya existentes, para luego determinar futuras interpretaciones. El proceso de interpretación es cíclico, constructivo y se desarrolla de acuerdo a una serie de pasos (Eugeni, 1999). El análisis semiótico parte de estudiar el texto y va desde los objetos (interfaces, contenidos, arquitecturas) hacia los procesos (interacción, producción de sentido e interpretación) (Scolari, 2004).

El concepto de interfaz y sus metáforas

El concepto de interfaz, que se remonta a hace más de un siglo en las investigaciones científicas en las que era considerada una especie de membrana que separa dos espacios o porciones de materia, ha evolucionado desde la aparición de la informática, adquiriendo distintas concepciones. A fines de la década del sesenta y hasta la primera mitad de la década de los 80, en el contexto informático, se definía a la interfaz como un dispositivo capaz de asegurar el intercambio de datos entre dos sistemas (o entre un sistema

¹¹ idea de signo basada en las inferencias y dialécticas de la semiosis (Eco, 1985).

informático y una red de comunicación).

Dos son los elementos que caracterizan a esta interfaz: - se la ve como un dispositivo de hardware, un puente físico que conecta dos sistemas diferentes (por ej. la PC y la impresora); - considera que existe un intercambio bidireccional entre los dos sistemas.

Es a partir de la aparición del primer ordenador personal con sistema operativo gráfico, que se incluye en la definición de interfaz al operador (usuario). Surgen nuevas concepciones que desplazan la visión desde el hardware hacia el universo inmaterial del software y de la interacción con los seres humanos. La interfaz ya no separa dos porciones de materia sino que permite la comunicación entre dos sistemas (Scolari, 2004).

Este concepto de interfaz como instrumento se convirtió en uno de los principios fundamentales de la Interacción Persona-Ordenador de la década del 80. En las Human Interface Guidelines de Apple (1987) se la define:

“una interfaz humana es la suma de los intercambios comunicativos entre la computadora y el usuario. La interfaz presenta informaciones al usuario y las recibe de él”.

De este modo, la interfaz ya no es considerada sólo un dispositivo de hardware sino un conjunto de procesos, reglas y convenciones que permite la comunicación entre el hombre y las máquinas digitales. Se convierte en una especie de gramática entre el hombre y la computadora (Scolari, 2004).

A partir de los años sesenta, la interfaz deja ser sólo un proceso o un artefacto y se empieza a considerar el verbo “to interface”. Como es citado por Scolari (2004), fue Marshall McLuhan (1967), en “The medium is the Massage” quien hablaba de la necesidad de interfazar, haciendo referencia a la confrontación de entornos.

Luego, el término interfaz es utilizado más allá del ámbito informático o científico para definir la superficie o el lugar de la interacción entre dos sistemas diferentes no necesariamente tecnológicos. En los últimos años este término ha invadido diferentes territorios discursivos, uno de ellos es el del diseño.

Pierre Lévy (1992), propone a la interfaz como una red cognitiva de

interacciones, afirma que el término se usa a veces sin precisar su alcance en el sentido de interfaz hombre-máquina en relación a la idea de input-output de los sistemas informáticos. Pierre Lévy, resalta la importancia de la función de las interfaces y de las conexiones de cualquier orden:

“Al conectar los sujetos, interponiéndose entre ellos, las técnicas de comunicación y de representación estructuran la red cognitiva colectiva y contribuyen a la determinación de sus propiedades. Las tecnologías intelectuales están también en los sujetos a través de la imaginación y el aprendizaje (Lévy, 1992: 186)”.

Scolari (2004) menciona la imposibilidad de encontrar una definición unívoca de interfaz. La presenta como:

“Un concepto paraguas, un comodín semántico adaptable a cualquier situación o proceso donde se verifique un intercambio o transferencia de información”.

El concepto de interfaz entre el hombre y las máquinas digitales se ha convertido en una de las áreas en donde han proliferado variadas metáforas que buscan explicar las distintas concepciones del hombre y sus relaciones con los objetos del mundo.

En los años ochenta se impone una concepción que ve a la interfaz como instrumento o extensión del cuerpo humano que se opone a la metáfora de la interfaz como el diálogo entre la máquina digital y el usuario (metáfora conversacional). Otras definían el espacio de interacción (metáfora arquitectónica o tridimensional).

Cada una de las metáforas es sostenida por un modelo teórico y delimita un campo de estudio particular. Por ejemplo si se considera a la interfaz como una conversación se evidencia la pertinencia semiótica-pragmática para estudiarla. En muchos casos se solapan entre ellas y hasta resultan incoherentes. Se basan en una modalidad específica de interacción, por ejemplo la manipulación directa de objetos sobre la pantalla interactiva abona a la construcción de una metáfora instrumental.

La metáfora conversacional: considera a la relación hombre-computadora como un diálogo. Es la más difundida entre investigadores y diseñadores, ve al proceso de interacción como un proceso de comunicación donde el usuario y la

aplicación actúan tanto como emisores y receptores, en el que la aplicación es capaz de demostrar conductas humanas. Ha tenido diferentes desarrollos desde aquellas que consideraban un diálogo *hombre-sistema*, construcción de máquinas inteligentes capaces de dialogar con el hombre, hasta las interacciones con los objetos virtuales inspirada en la manipulación directa diálogo *hombre-objetos*, la interfaz gráfica posibilita la ocurrencia de un feedback visual que hace posible el diálogo. Posteriormente también fue considerada por los teóricos de la comunicación mediada por computadora (CMC) como un diálogo *hombre-sistema-hombre*. Finalmente, esta metáfora es recuperada por la semiótica-pragmática, al ocupar un espacio fundamental en las teorías sobre la interacción entre el lector, el texto y el autor. Este modelo resalta los aspectos dialógicos presentes en toda interacción.

La metáfora instrumental: surge a partir de la aparición de los sistemas operativos con entorno gráfico de interacción. En principio se presenta un diálogo, como un simple envío de mensajes por parte de los usuarios a los objetos, los cuales a su vez responden reaccionando y provocando la ejecución de la orden deseada. La presencia masiva de objetos en la pantalla y la manipulación directa de objetos¹² dio origen a la metáfora del instrumento dejando de lado su origen conversacional. Esta metáfora se desarrolla a partir del concepto de prótesis instrumental que considera a los objetos que el hombre crea como extensión de alguna parte de su cuerpo que se vuelve invisible con el uso. De este modo, la interacción entre el hombre y las máquinas digitales es transparente, el usuario se olvida de la interfaz y se concentra en la tarea que debe realizar.

La metáfora de la piel: esta metáfora considera a la interfaz como un proceso cosmético que se aplica en el momento final de la producción de un bien. En el ámbito de las máquinas digitales ocurre una mutación a partir de los ochenta hacia lo que sería el diseño o arquitectura de las interfaces. Esta disciplina enmarca el diseño en un ámbito no sólo técnico sino también sociocultural, económico y productivo. En el intercambio comunicativo instantáneo las

¹² El concepto de manipulación directa fue creado por Ben Shneiderman (1988). Según la Human Interface Guidelines de Apple, la manipulación directa permite controlar los objetos que están representados en la pantalla. De acuerdo con este principio, un objeto permanece visible mientras el usuario realiza una acción física sobre el objeto. El impacto de una operación sobre un objeto es inmediatamente visible.

superficies se convierten en un aspecto fundamental de los objetos. Las superficies de los objetos comunican, su textura, porosidad, forma y color e indican su función. Esta capacidad para informarnos de su función hace referencia al concepto de *affordance*, mencionado antes, que fue retomado por varios investigadores para estudiar la interacción con las máquinas digitales, entre ellos Norman (1988). Se considera a la interfaz como una superficie de contacto, de traducción entre dos espacios.

La metáfora espacial: se ve a la interfaz como un lugar de interacción, un lugar familiar en donde realizar las actividades. En esta línea algunos autores ven a la interfaz como una puesta en escena, en la que el diseñador o director de interfaz organiza una red abierta a la participación del usuario. Se crean representaciones escenográficas de los objetos y de entornos que ofrecen un contexto para la acción. El desarrollo de entornos interactivos ha favorecido la difusión de esta metáfora. La interacción con la computadora ofrece un plus visible que permite al usuario dejar sus marcas en la pantalla y colaborar con la construcción del mundo virtual. Winograd (1997), define el concepto de *interespacio* como una red que interconecta dispositivos digitales y usuarios. Según este autor la interfaz comprende al sujeto, la máquina y el espacio que los separa.

Como plantea Scolari (2004), cada una de las metáforas resalta algunos aspectos de la interfaz y oculta otros:

... la simple adición de metáforas no es suficiente para iluminar en su totalidad el proceso de interacción entre el hombre y las máquinas digitales: las distintas perspectivas nunca llegarán a fundirse en una construcción única y coherente. Si pensamos a la interfaz como un instrumento, nunca podremos llegar a considerarla en entorno de interacción o una conversación. ...el teórico debe mover su mirada para iluminar de la mejor manera posible el objeto o proceso que pretende describir o explicar (Scolari, 2004: 73).

Finalmente, la metáfora funciona como un agente modelador de la percepción, guiando las acciones de diseño y el uso del sistema de las interfaces, aunque no todas tienen el mismo valor descriptivo. Scolari (2004) dice:

... ciertas metáforas tienden a evidenciar los rasgos distintivos de la interacción, mientras que otras se pierden en aspectos menos pertinentes (Scolari, 2004:83).

Scolari (2004) propone la construcción de una sociosemiótica de la interacción a partir de la superación del instrumentalismo y el mito de la transparencia de las interfaces. Sostiene que detrás de la aparente naturalidad de la interacción se ocultan complejos procesos semio-cognitivos. Piensa en una teoría crítica de las interfaces que busque semiotizar la interacción, al identificar sus discontinuidades y reconstruir su funcionamiento semiótico.

Para estudiar en clave semiótica el proceso de interacción es importante reconocer la distancia existente entre la estrategia del diseñador y la estrategia del usuario, haciendo evidente las diferencias que impiden una total equiparación entre ambas: sólo si se piensa la interacción en términos polémicos contractuales será posible superar el instrumentalismo que permea el universo teórico de la HCI Scolari (2004).

El texto de la interacción digital

Las interfaces digitales son percibidas, interpretadas y analizadas por los usuarios como cualquier otro dispositivo semiótico esto permite que puedan ser analizadas en clave textual. El texto se construye durante la interacción Scolari (2004):

Las acciones de los usuarios, la secuencia de operaciones ejecutadas en la pantalla interactiva y los recorridos dentro de los entornos virtuales participan en la producción de sentido (Scolari, 2004: 103).

La actividad del usuario frente a la pantalla interactiva incluye una gramática textual y gráfica, como con los textos, pero además una gramática de la interacción que incluye: elementos de interacción para la navegación hipertextual (botones, iconos, etc.), dispositivos que permiten la personalización de la interfaz, mecanismos de feedback, secuencias operativas y todas las acciones que el usuario ejecuta para obtener un resultado determinado.

La gramática de la interacción contribuye no sólo a imponer una manera de leer sino, sobre todo, un modo de hacer. La confluencia de estas tres gramáticas -textual, gráfica e interactiva- delimita un territorio dentro del cual el usuario desplegará recursos perceptivos, semióticos y cognitivos Scolari, 2004: 105).

La metáfora del escritorio, difundida con el sistema operativo Macintosh a partir

de 1984, significó un importante salto en la interacción con las máquinas digitales, aunque impuso barreras al delimitar un campo preciso de expansiones posibles. Según Nelson (1989), las metáforas sólo nos permiten aprender el uso de un software por aproximación más que por comprensión. También Piscitelli (1998) señala como negativo el exceso de metaforización presente en el campo del diseño digital que obliga a los usuarios a hacer “un uso limitado y estereotipado de las máquinas” (1998: 141).

En ciertas ocasiones las metáforas pueden llevar al usuario a realizar una interpretación equivocada del dispositivo o del proceso de interacción. Cuando se construye una metáfora de interacción se realizan elecciones que a veces hasta pueden limitar la evolución de un producto digital.

El entorno de interacción abarca tanto una coherencia figurativa, relativa a los aspectos gráficos de la interfaz como una coherencia interactiva o pragmática. La primera busca que la interfaz mantenga un mismo estilo de representación en los diferentes estados del sistema. Por ejemplo, la distribución de los botones en la pantalla. Las incoherencias gráficas pueden producir incoherencias en la interacción, por ejemplo el no reconocimiento de los objetos interactivos en la pantalla y su integración dentro de una secuencia de acciones.

Además de la coherencia en el uso de los dispositivos de interacción, se deben considerar los aspectos sintácticos de la manipulación directa que determinan la sintaxis de la interacción.

Se reconoce como sintaxis de interacción a una secuencia de acciones que el usuario de la interfaz debe ejecutar para lograr un objetivo determinado. Esta secuencia puede ser única -cuando el usuario está obligado a seguir un camino excluyente para llegar al resultado deseado- o, por el contrario, puede presentar diferentes alternativas. En este último caso la misma operación puede ejecutarse manipulando diferentes dispositivos de hardware o software. Cada una de estas actividades exige la ejecución de operaciones que, en la mayor parte de los casos, recombinan y ordenan en secuencias específicas una gama limitada de acciones (Scolari, 2004).

Se reconocen dos modos de interacción entre el hombre y el ordenador: a)

Acción-Objeto: (verbo-nombre): consiste en elegir primero la acción y luego el objeto; y b) *Objeto-Acción* (nombre-verbo): primero se elige el objeto y después se realiza la acción sobre él. Estos dos modos conviven en las interfaces actuales. Cualquiera de los dos modelos de interacción pueden contener un número variable de operaciones que pueden ser condensadas o no para agregar valor añadido a la interacción. Los diseñadores manejan el tiempo de la narración a través de la manipulación de las secuencias de interacción. Esta estrategia es muy utilizada en los entornos de videojuego.

2.5.2 Artefactos tecnológicos para el aula: las simulaciones

Un aula con tecnología se constituye en un espacio de mediación de aprendizajes diferente, con características propias. Para estudiarlo se analizan el carácter ontológico de las herramientas, las características particulares del ambiente educativo de interacción en el que se integran estos artefactos tecnológicos, y las posibilidades de adaptación del alumno al medio que se le ofrece.

Simon (1973), afirma que “*El mundo en el que vivimos es más un mundo creado por el hombre, un mundo artificial, que un mundo natural*” y define como objetos artificiales a todos aquellos elementos hechos por el hombre, que generalmente lo rodean y que no son completamente ajenos a la naturaleza. Reconoce las siguientes características de los objetos artificiales: a) están sintetizados por el hombre, b) pueden imitar la apariencia de los objetos naturales y carecer, a un tiempo, de la realidad de los últimos, ya sea en un aspecto o en muchos; c) pueden caracterizarse según sus funciones, objetivos y adaptación; d) sus interfaces suelen considerarse, al ser diseñadas, como imperativas (imponen un modo de hacer) y como descriptivas (muestran qué se puede hacer).

En un artefacto se pueden identificar la función atribuida por el diseñador, desde su perspectiva ésta sería la **función apropiada**. Surge así una distinción ontológica entre la función apropiada y la **función accidental** de un artefacto como la función que realmente cumple, haciendo referencia a la naturaleza dual de los artefactos tecnológicos. Por ejemplo, las *simulaciones*

*computacionales*¹³ se constituyen en objetos artificiales con la función de mediar los aprendizajes.

El estudio de la función que una simulación pueda cumplir como objeto artificial en el aula y su adaptabilidad al medio o espacio de interacción requiere considerar tanto la estructura interna, sustancia y organización de la misma, como las proximidades en donde actuará, (medio interior y exterior) (Simon, 1973). Es decir, si hablamos de las herramientas de programación utilizadas, del tipo de objetos que permite manipular, de su organización interna, nos referimos al *medio interior*. Por otro lado al buscar de relacionarla con el nivel educativo, con la tarea que se espera realizar se estaría planteando su adecuación o no al *medio exterior*.

Las simulaciones pueden crearse con diferentes herramientas de programación, utilizar diferentes métodos de cálculo y algoritmos, pero su comportamiento es similar si mantienen una relación invariable entre el sistema interior y el objetivo. Se podría pensar en la posibilidad que se adapten a varios requerimientos, por ejemplo que presenten la gráfica del fenómeno, muestren los valores graficados en tablas, presenten una animación.

Si se considera que tanto el medio interior como el medio exterior determinan las condiciones favorables para el fin propuesto, ¿qué forma adoptaría el funcionamiento de una simulación y cuáles serían sus limitaciones? Las limitaciones del medio interior estarán relacionadas con el modelo computacional que se utilice. La relevancia del medio exterior en nuestro ejemplo, formado por el espacio físico en que se desarrolla el fenómeno (contexto del aula), más el conjunto de circunstancias culturales, económicas y sociales en que vive el alumno. En estas últimas juega un rol fundamental la cultura de los videojuegos en la que se encuentran inmersos los niños y adolescentes hoy. Todas estas características constituyen el espacio de interacción en el que se focaliza la discusión en esta tesis.

¹³ Una simulación computacional es un programa que intenta reproducir, con fines pedagógicos o científicos, un fenómeno natural a través de la visualización de los diferentes estados que éste puede presentar. Cada uno de estos estados está descrito por un conjunto de variables que cambia en el tiempo debido a la iteración de un cierto algoritmo.

El espacio interacción

Burbules y Callister (2006) sostienen que las paredes del aula ya no son los límites del aprendizaje, que la enseñanza actualmente se ubica en muchos canales diferentes de aprendizaje distribuido, de aprendizaje en colaboración y que la relación entre herramientas y fines es artificial y deriva de una particular formación cultural e histórica. Esta afirmación hace referencia a la naturaleza dual de las herramientas dependiendo del contexto particular y el uso específico que se haga de ellas.

En un estudio sobre el uso efectivo que se hace de las tecnologías en el aula Coll, Mauri y Onrubia, (2008b) han encontrado diferencias relevantes entre los usos previstos por el diseño pedagógico y el uso real que finalmente se hace. Advierten que generalmente las secuencias que finalmente desarrollan los estudiantes son menos transformadoras y explotan menos las potencialidades de las herramientas tecnológicas de lo planificado y pretendido con los usos previstos. Los autores han encontrado que generalmente en las secuencias de usos reales tienen un efecto limitado en la modificación y mejora de las prácticas educativas porque se explotan menos las potencialidades de las herramientas tecnológicas que lo que los profesores anticipan o prevén.

En el caso particular de las simulaciones que se utilizan en una clase de ciencia para observar fenómenos que no podrían visualizarse en el contexto escolar, ¿puede pensarse que se adaptarán en todos los casos al medio exterior? En principio, aunque el docente cuente con la explicitación del objetivo para el que fue creado, conozca medio externo al que tendrá que adaptarse (alumnos, contexto del aula, conocimientos previos, etc.) y pueda armar su propio modelo mental de la funcionalidad que posea no podría predecir en su totalidad el comportamiento del artefacto que incluye en la propuesta de enseñanza.

Caracterizar las propiedades primarias de un sistema y su comportamiento sin elaborar el detalle del medio externo e interno, como propone Simon (1973), lleva a pensar en una ciencia de lo artificial que sólo dependa de la *interfaz* como fuente principal de abstracción y generalidad. Para la HCI, la interfaz refleja las cualidades físicas de las partes que interactúan e incluye tanto el software como el hardware. Considera la interacción física entre usuario y

ordenador y una interacción a nivel cognitivo. La interfaz abarca los aspectos del sistema con los que el usuario entra en contacto físicamente, perceptivamente o conceptualmente, quedando ocultos los relacionados con los aspectos tecnológicos (*medio interior*).

Cuando el diseñador construye una metáfora de interacción realiza una elección y ofrece en la interfaz un conjunto de reglas de juego coherentes que determinan su consistencia. Para Scolari (2004), el estudio de la coherencia de la interfaz incluye los aspectos cognitivos y gráficos para determinar la coherencia figurativa y la coherencia interactiva o pragmática. Este autor adhiere a la idea peirceana de entender al objeto semiótico como un conjunto de instrucciones para analizar los distintos elementos u objetos que constituyen la interfaz de una herramienta interactiva y lo relaciona con el concepto de *affordance*¹⁴, presente en todos los campos de la HCI, percibiendo al objeto como perteneciente a una categoría por su potencialidad de ser usado para algo y no por su morfología. En este sentido se está pensando en caracterizar a las herramientas interactivas por sus aspectos intencionales y no sólo por su forma. Por ejemplo, un botón que muestra un signo de pregunta hará que el usuario interprete que al accionarlo accederá a la ayuda que necesita, no importa en qué lugar de la interfaz se encuentre, ni la forma externa que presente, simplemente lo interpretará por lo que para él representa.

Durante el diseño se plantean hipótesis relativas a los resultados posibles de la interacción. Cuando el diseñador crea un entorno interactivo podría pensarse que recrea en los objetos sus propios esquemas cognitivos ocasionando que la interfaz esté marcada por su racionalidad, por sus experiencias anteriores de interacción, su relación con otros dispositivos tecnológicos y los condicionamientos que le hacen elegir ciertos lineamientos de diseño y dejar de lado otros (Scolari, 2004).

Las acciones de los alumnos, la secuencia de operaciones ejecutadas en la pantalla interactiva y los recorridos seguidos en el entorno digital permiten estudiar la producción de sentido. Los alumnos construyen el texto durante la

¹⁴ Affordance para Peirce: “las propiedades reales y percibidas de las cosas materiales, en primer lugar aquellas propiedades fundamentales que determinan como se podría verosímilmente usar el objeto en cuestión”.

interacción, a medida que buscan resolver la tarea a partir de la exploración, la prueba, la búsqueda de errores, están construyendo la sintaxis de la interacción.

La interactividad no es sólo una acción automática de un sujeto sobre un dispositivo preprogramado por el diseñador. Antes, durante y después de la acción es posible identificar procesos de reconocimiento, intercambios comunicativos a nivel textual entre emisor y receptor, que remiten a experiencias precedentes de interacción, no necesariamente con artefactos digitales (Scolari, 2003).

Si nos situamos en el diseño de la enseñanza y consideramos la necesaria *adaptabilidad de la herramienta*, parecería no ser adecuada la explicación funcional que considera separados los medios interior y exterior y postula que puede predecirse el comportamiento del sistema, es decir que puede conocerse o predecirse el resultado de la actividad.

Entonces, al considerar a las simulaciones como artefactos mediadores del proceso de enseñanza y aprendizaje se genera un espacio de interacción alumno-herramienta en el que el alumno intentará resolver la situación que se le plantee adaptándose al medio que se le ofrece.

Los alumnos: estrategias y limitaciones para su adaptabilidad

Según Simón, un hombre visto como un sistema de comportamiento, resulta muy simple. La aparente complejidad de su comportamiento a lo largo del tiempo es en gran parte, reflejo de la complejidad del medio en el que se encuentra.

El comportamiento de los alumnos al interactuar con un artefacto tecnológico estará regido por la adaptación que éstos hagan en pos del objetivo que se propongan para resolver la tarea. Unas pocas características de su medio interno limitan la adaptación de su pensamiento a la forma que tendrá el medio o espacio del problema.

El mundo artificial se centra en la conexión entre el medio interno y el externo y se ocupa de conseguir objetivos adaptando el primero al último. El espacio del

problema en el que se desarrolla la práctica educativa con mediación tecnológica contempla la relación del hombre con este complejo medio exterior. El diseño de este espacio requiere considerar tanto las relaciones o vínculos que el alumno establece con su medio interno, al considerarlo como ser pensante, como la actividad creadora en la que se comprometan los distintos actores involucrados en el desarrollo de las herramientas. Se conoce que para resolver un problema los seres humanos no siempre descubren por sí solos estrategias inteligentes que aprenderían con facilidad. Estas estrategias pueden aprenderse y pueden modificar profundamente una actuación y aumentar su eficacia.

Desde esta perspectiva, el diseño de simulaciones para ser utilizadas en el aula involucra una gran cantidad de factores que deberán ser evaluados. En todos los casos es importante considerar que el medio exterior en el que deberá interactuar el alumno para resolver la tarea, es el contexto social particular del aula. En este espacio confluyen las herramientas tecnológicas, los alumnos, el docente, quien guía la práctica, y el diseñador de la herramienta que en algunos casos podrá ser el mismo docente.

Cuando el alumno interactúa con las simulaciones pone en juego procesos comunicativos en los que participan sus experiencias previas que no pueden conocerse con anticipación para su consideración en el diseño. Como menciona Scolari (2004), los trabajos empíricos muestran que los sujetos construyen sintaxis interactivas que suelen no coincidir con los criterios considerados por el diseñador, quien se preocupa en presentar el modelo que mejor refleje las condiciones esperadas para determinada situación.

El diseño de interfaz como superficie de contacto no siempre podrá ser adaptado a todos sus usuarios. Las interfaces simples de las herramientas que comúnmente se utilizan en el aula, no son generalmente aquellas que el alumno espera encontrar, acostumbrados estos a otros espacios interactivos propios de los videojuegos. Cuando en el diseño de un artefacto se busca mantener la total independencia con el medio exterior, como es el caso de los artefactos utilizados en el diseño educativo, será importante considerar la adaptabilidad de la actividad que se realizará con ellos.

Tanto los diseñadores como los docentes que seleccionen las herramientas

para mediar los procesos de enseñanza y aprendizaje necesitan conocer el lenguaje de los alumnos que las utilizan, comprender el modo en que estos interactúan y su bagaje de interpretantes para poder diseñar situaciones que favorezcan el proceso. Considerar el desfasaje que puede existir entre la función intencional y la accidental le permitirá diseñar situaciones con el objeto de alcanzar un máximo nivel de significación.

Simulaciones dinámicas y enseñanza de Física

El uso didáctico de simulaciones dinámicas que involucran a conceptos físicos, aporta a la clase de ciencia un alto grado de interactividad. A través de la creación de representaciones figurativas dinámicas es posible manipular parámetros y variables de objetos asociados a conceptos con alto grado de abstracción. Proporcionan a los alumnos oportunidades para comprender los fenómenos y las leyes físicas presentadas, aislar y manipular parámetros y emplear una variedad de representaciones (Esquembre, 2005).

Las simulaciones dinámicas surgen a partir de un diseño fundado en competencias semióticas. Por un lado el autor de la simulación debe anticipar los movimientos del usuario, mantener su atención y saber transmitirle la información necesaria que asegure la interacción y, por otro lado, el sujeto no puede dejar de activar competencias perceptivas e interpretativas durante la interacción. Como se mencionara anteriormente es el diseñador quien impone un conjunto coherente de reglas de juego y determinan una consistencia interactiva que define la secuencia de acciones que el usuario debe ejecutar para lograr un objetivo determinado (Scolari, 2004).

Tales herramientas, inmersas en un ambiente de enseñanza y aprendizaje, constituyen una nueva realidad para los actores involucrados (docentes y alumnos). Es un hecho que el diseñador, el docente y el alumno pertenecen a mundos semióticos diferentes pudiendo entorpecer la construcción de significados en ciencias si esto no es considerado adecuadamente.

Modelos y simulaciones en el aula de Física

En los ambientes de aprendizaje con simulaciones coexisten los modelos de los distintos actores que intervienen, antes y durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, desde la creación de la simulación, la elaboración de la actividad de enseñanza hasta los modelos que ponen en juego los alumnos cuando interactúan con las mismas. Desde el punto de vista epistemológico, un modelo es una entidad no lingüística que sirve al individuo a modo de representación simbólica interna y operativa (Giere, 1992).

En particular, en una clase de Física se utilizan modelos matemáticos para crear representaciones figurativas de objetos asociados a conceptos con alto grado de abstracción. Estas representaciones posibilitan la elaboración de modelos que pueden ser simulados con la computadora, convirtiéndose ésta en un instrumento de mediación óptimo para facilitar la comprensión de los conceptos abstractos al posibilitar la manipulación de objetos en forma virtual.

Este planteo nos lleva a considerar que es de fundamental importancia para el estudio de los procesos interactivos poder identificar los diferentes modelos involucrados en la práctica. Los modelos que subyacen serían: el modelo científico, que considera el fenómeno que es objeto de estudio; el modelo curricular que implica una simplificación del modelo científico; un modelo para la enseñanza que consiste en representaciones creadas con el objetivo específico de ayudar a los alumnos a aprender algún aspecto del modelo curricular (Justi, 2006). Estos últimos son representaciones de orden superior, obtenidas por transposición a partir de modelos científicos. Algunos mantienen los contenidos, otros sólo las formas (arquitectura lógica) y otros (como es el caso de las simulaciones que estudiamos) resultan de concretar las componentes abstractas de los modelos científicos. Su construcción, a partir de un modelo científico, involucra una gran cantidad de operaciones de transposición tanto en el plano lógico como en el plano semántico, como disminuir el grado de abstracción, reducir el número de variables, hacer modelos análogos a situaciones más conocidas por los alumnos, utilizar metáforas que lo expliquen (Adúriz-Bravo y Morales, 2002).

A los distintos modelos antes mencionados, para la creación de la simulación de un fenómeno, se suma el modelo computacional que define la funcionalidad

de la herramienta (grado de interactividad), lo que determina la función apropiada de este artefacto, o sea aquella que es considerada por su diseñador.

El modelo para la enseñanza o modelo pedagógico es utilizado para guiar al estudiante en la construcción de un modelo mental del fenómeno que se estudia, con el objeto de que se acerque lo más posible al modelo consensuado. El estudiante también pondrá en juego aquellos modelos dependientes del contexto sociocultural particular, que le permitan interactuar con las herramientas.

Possibilidades didácticas de las simulaciones dinámicas

Las simulaciones interactivas adquieren la categoría de herramientas cognitiva en la construcción de nociones científicas cuando tienen el propósito de involucrar a los alumnos en un pensamiento crítico acerca del contenido que están estudiando y puede servirles de andamio a diferentes formas de razonamiento (Jonassen, Carr y Yhue, 1998).

Estas herramientas ofrecen la posibilidad de generar escenarios con diferentes niveles de interacción, desde observar la simulación realizada por un experto hasta representar y visualizar el funcionamiento del propio modelo físico.

Godino, Wilhelmi y Bencomo (2005) destacan dos aspectos esenciales en la simulación de sistemas dinámicos: *la visualización dinámica* y la *interactividad* del usuario con el modelo dinámico a través de la visualización. Resalta la posibilidad de dotar a la simulación de mecanismos potentes para que el usuario pueda contestar a diferentes preguntas simplemente actuando sobre los elementos que constituyen la interfaz gráfica. También destaca, al igual que Esquembre (2005), la esencia visual de la percepción de la realidad y el origen de las ideas científicas que comúnmente surgen de situaciones concretas y visuales. Se considera a la visualización como natural para descubrir y/o comprender nuevas relaciones entre objetos matemáticos y para transmitir y comunicar conocimiento.

En relación a las potencialidades didácticas del uso de simulaciones interactivas se las considera como un avance cualitativo en la enseñanza de la Física, no sólo porque permiten visualizar fenómenos que de otra forma serían inaccesibles, sino porque facilitan un aprendizaje de los conceptos y principios basado en la investigación de los alumnos y apoyado en el uso de procedimientos propios del trabajo científico (García Barneto y Gil Martín, 2006; Christian, Belloni, Esquembre, et al., 2003). Los autores destacan, por un lado, la importancia de modelar fenómenos complejos sin la necesidad de recurrir a complicados tratamientos matemáticos y, por otro, la posibilidad de sustituir la secuencia didáctica habitual, en la que se inicia con demostraciones matemáticas y termina en consecuencias físicas, por otra orientada inicialmente al estudio de los fenómenos desde una perspectiva física que puede terminar o no con la formulación matemática de las relaciones establecidas. También destacan la posibilidad de acercar los fenómenos físicos a alumnos de otras disciplinas científicas próximas como las ciencias ambientales, la geología o la química, entre otras, donde la comprensión de los conceptos físicos resulta importante y el tratamiento matemático que requeriría no es posible. En la misma dirección, Bohigas, Yaén y Novell, (2003) destacan el uso de simulaciones en los siguientes casos: investigación de sistemas físicos de forma controlada, simulación de sistemas físicos difícilmente reproducibles en el laboratorio y ayuda en el aprendizaje de conceptos abstractos.

Se propone comúnmente una diferenciación entre lo que se entiende por modelación y simulación computacional (Ríos, Veit y Araujo, 2011; Araujo, Veit y Moreira, 2007). En una simulación computacional, que representa un modelo físico, el alumno puede modificar valores iniciales de las variables, de los parámetros y algunas relaciones entre las variables, pero no puede cambiar la estructura de la simulación (modelo matemático o icónico pre-especificado). La interacción del estudiante con la simulación tiene un carácter eminentemente exploratorio. En el modelado computacional el estudiante tiene acceso a los primitivos que constituyen el modelo computacional, pudiendo construirlos desde el principio y reconstruirlos conforme desee. Los dos tipos de actividades que se distinguen por el acceso que el alumno tiene al modelo matemático o

icónico subyacente a la implementación de la actividad son:

- a) *actividades exploratorias*, se caracterizan por la observación, análisis e interacción del sujeto con modelos ya construidos, con el fin de permitir a los alumnos una percepción y concepción de las eventuales relaciones existentes entre la matemática subyacente al modelo y el fenómeno físico representado. Este tipo de actividades motivan a interactuar con el modelo computacional con el fin de responder a cuestiones presentadas en forma de preguntas. La interacción consiste en la modificación de las variables iniciales y de los parámetros del modelo, pudiendo utilizarse recursos como barras de control y botones para facilitar la modificación de los mismos.
- b) *actividades de creación*, o expresivas, se caracterizan porque requieren de la construcción del modelo desde una estructura matemática hasta el análisis de los resultados que genera. El alumno interactúa con el modelo, pudiendo reconstruirlo tantas veces como crea necesarias hasta alcanzar resultados satisfactorios. Este tipo de actividades suelen ser complejas de desarrollar en el aula de secundario porque requieren de un elevado pensamiento abstracto.

Se resalta la necesidad de la mediación del docente en estos tipos de actividades, tanto en lo que se refiere al apoyo técnico para poder manejar el software, como en lo relacionado con la Física o la Matemática involucradas en los modelos con los que se trabaja. Se menciona la posibilidad que el docente esté atento y participe en aquellas situaciones en las que los resultados que se obtienen no son los esperados. Se considera que éstas pueden ser verdaderas oportunidades para hacer evidente el contexto de validación del modelo computacional que sustenta a la simulación, vinculado siempre a los presupuestos utilizados en la teoría subyacente y al modelo físico representado.

Uso de simulaciones en Ciencias Naturales. Antecedentes

El uso de la computadora en la enseñanza de la Física dispone de resultados bien establecidos por la comunidad de investigadores en el campo. La mayoría concluyen en que la computadora puede proporcionar una mejora sustancial y medible del aprendizaje si su uso se apoya en un enfoque pedagógico

adecuado (Esquembre, 2005).

Son varios los autores (Araujo, Veit y Moreira, 2004; Ríos, Veit y Araujo, 2011; Andrade y Cabral da Costa, 2006, entre otros) que destacan las potencialidades de las herramientas de simulación para la enseñanza de las ciencias, desde lo que estas pueden ofrecer hasta la predisposición que generan en los estudiantes.

Araujo, Veit y Moreira, (2004) destacan la motivación como aspecto importante de estas herramientas, dado el natural interés que despierta su uso, y la influencia positiva que ejercen las actividades de modelado en el aprendizaje de la Física. En la misma dirección, Ríos, Veit y Araujo, (2011), estudian la predisposición de los estudiantes para el aprendizaje de conceptos físicos con simulaciones. Encuentran que es altamente positiva y resaltan el interés que genera en los estudiantes aduciendo a argumentos como la implementación de otras metodologías de enseñanza, la interactividad propiciada por el desarrollo de actividades de modelación computacional, la generación de espacios de reflexión que promueven la construcción de aprendizajes significativos, entre otras (Ríos, Veit y Araujo, 2011; Andrade y Cabral da Costa, 2006; Araujo, Veit y Moreira, 2004).

En un estudio que realizan sobre la contribución de las actividades de modelado a la interpretación de los gráficos de cinemática, Araujo, Veit y Moreira (2004) sostienen que dentro de las posibles formas en que la computadora puede ser utilizada en la enseñanza de las ciencias el modelado computacional favorece la interacción de los estudiantes como un proceso de construcción y análisis del conocimiento científico, permitiendo que comprendan mejor los modelos físicos y discutan el contexto de validez de los mismos. En su trabajo proponen un conjunto de actividades que involucran la exploración y construcción de modelos computacionales como un proceso de interacción (experiencia-alumno). Resaltan la importancia de la exploración de este tipo de modelos que hace que los estudiantes se cuestionen constantemente sobre los efectos de sus acciones y sobre los resultados generados por el modelo computacional. Se genera un razonamiento causal que promueve la interactividad.

Las ventajas que se han encontrado se relacionan con las potencialidades de

las herramientas dinámicas para generar ambientes más descontracturados en los que los alumnos se involucran con las propuestas, se sienten libres para discutir con sus compañeros y realizar cuestionamientos al profesor. En estos ambientes la preocupación pasa a ser la de entender el concepto en vez de memorizar fórmulas matemáticas (Andrade y Cabral da Costa, 2006).

Araujo, Veit y Moreira (2007) en su estudio acerca del uso de simulaciones computacionales para el abordaje de la ley de Gauss y la Ley de Ampere, también aluden a las dificultades matemáticas para operar formalmente con los conceptos involucrados en estas leyes. Agregan también que los alumnos no entienden, o entienden superficialmente los conceptos auxiliares que soportan el nuevo concepto (principal) y que tienen dificultades en la interpretación del significado físico de la ley desde el punto de vista fenomenológico. En relación con esta dificultad, Chang, Chen, Lin y Sung, (2008) encuentran que se benefician más de los aprendizajes basados en simulaciones aquellos estudiantes que son mejores en los razonamientos abstractos de orden superior. Resaltan que el uso de componentes gráficos, en un ambiente de aprendizaje basado en simulaciones, requiere de consideraciones minuciosas, especialmente cuando se utilizan con estudiantes con diferentes habilidades de razonamiento abstracto.

Andrade y Cabral da Costa (2006) destacan las siguientes ventajas en el trabajo con software educativo: versatilidad (el mismo software puede adaptarse a diversos contextos); referencia visual (ejercita la memoria visual); capacidad de motivación (los alumnos, en general, siente placer de trabajar con la computadora); puede adecuarse al ritmo de trabajo de cada alumno; facilidad de recurrencia (no se necesita montar un experimento, simplemente manipula el software); permite el análisis cualitativo de los conceptos sin necesidad de tener que recurrir a modelos matemáticos. Para estos autores el trabajo en el aula de informática permite que los alumnos y docentes tengan mayor interactividad. El ambiente de trabajo se torna más afectivo. El profesor deberá mantener el control de la situación de aula para lograr que el trabajo se realice seriamente. Destacan de fundamental importancia la guía de actividades que el profesor elabore y su respuesta a cuestiones que puedan surgir y no hayan sido planeadas. La posibilidad de relacionar los modelos que las simulaciones

presentan, en algunos casos, con la realidad enriquece el trabajo y permite la elaboración de hipótesis sobre lo que puede ser correcto o no.

Herramientas para el diseño de simulaciones

Se presentan a continuación dos herramientas (Modellus¹⁵ y EJS¹⁶) propuestas en la literatura como potenciales para el diseño de simulaciones para la enseñanza de la Física (Teodoro, 1997; Araujo, Veit y Moreira, 2004; Gallardo, 2006; Alonso Sánchez, 2007; Cox, Junkin, Christian, et al., 2011; Esquembre, 2005).

La primera de ellas, Modellus, es un software de modelado que permite utilizar la Matemática para crear o explorar modelos interactivamente. Fue diseñado por investigadores¹⁷ de educación en ciencia cuyo objetivo era construir un paquete de software con sustento pedagógico. Permite realizar experimentos conceptuales, usando modelos matemáticos expresados como funciones, como ecuaciones diferenciales o como otras formas de representación (tales como razones de cambio y ecuaciones de diferencias) (Gallardo, 2006). No es necesario conocer un lenguaje de programación (Alonso Sánchez, 2007) ni comandos especiales debido a las características particulares de la interfaz gráfica que ofrece. Posibilita crear múltiples representaciones de los objetos matemáticos que pueden ser tanto analíticas como analógicas y gráficas (Araujo, Veit y Moreira, 2004). La disponibilidad de representaciones alternativas de la información es un atributo muy apreciado de Modellus, ya que está de acuerdo con una de las prescripciones de las teorías sobre aprendizaje significativo, particularmente en relación con el manejo de abstracciones por sujetos con diferentes capacidades (Gallardo, 2006).

La segunda herramienta que se presenta es Easy Java Simulations (EJS) que ha sido diseñada para facilitar la creación de simulaciones interactivas en Java.

¹⁵ <http://modellus.fct.unl.pt/>

¹⁶ <http://fem.um.es/Ejs/>

¹⁷ Modellus fue creado por Vitor Duarte Teodoro, con la colaboración de João Paulo Duque Vieira y Filipe Costa Clérigo. Fue programado por João Paulo Duque Vieira y Filipe Costa Clérigo, con la contribución de George Birbilis.

Ejs es parte de un proyecto *Open Source Physics* y fue diseñado para hacer más fácil el acceso, la modificación y la generación de modelos computacionales. Permite la creación de applets que pueden ejecutarse en cualquier plataforma, ser distribuidos a través de Internet y ejecutarse en una página web que se visualice en un navegador. Está destinada a profesores, estudiantes e investigadores en Cs. Naturales que poseen un conocimiento básico de programación de computadoras, aunque ofrece un amplio espectro de herramientas que facilitan la creación de la interfaz gráfica de usuario. Está pensada para que una persona que quiere crear una simulación dedique la mayor parte del tiempo en escribir y refinar los algoritmos del modelo científico de interés y el menor tiempo posible a las técnicas de programación.

EJS posee un valor pedagógico en sí misma dado que puede utilizarse para que los alumnos creen sus propias simulaciones. El diseñador define la vista y proporciona las variables y los algoritmos que describen el modelo de la simulación. Emplea la estructura de *Vista*, *Modelo* y *Descripción* para explicitar en forma separada las partes claves del modelo. En la *Descripción* se incluye el material curricular o un link a una página HTML externa, en el *Modelo* se define la física involucrada, y en la *Vista* se definen los gráficos y la interfaz de usuario. El modelo es creado utilizando código java para definir el algoritmo y la vista es creada por medio de selección y arrastre de elementos en una ventana de vista previa. Las simulaciones de EJS requieren de muy poco código porque la interfaz de usuario es creada gráficamente y porque las acciones del usuario tales como la selección de objetos en la vista automáticamente cambian las variables dentro del modelo sin requerir una programación adicional. Como esta estructura vista-modelo es consistente con el paradigma control-vista-modelo de las ciencias de la computación este es un buen ambiente para el desarrollo de software y el aprendizaje del modelado computacional.

Algunas consideraciones para la inclusión de simulaciones en el aula

Araujo (2005) considera fundamental que el diseño de simulaciones se pueda basar en investigaciones previas y considere al alumno al que está dirigida. En muchas ocasiones los alumnos consideran a las leyes como métodos para

resolver problemas sin comprender los conceptos subyacentes.

Cox, Junkin, Christian, et al. (2011), proponen el uso de simulaciones intencionalmente incorrectas con el propósito que los estudiantes encuentren los errores y puedan corregirlos. Esta metodología pretende introducir a los estudiantes en los algoritmos computacionales que subyacen a la simulación y los lleva a reconocer que, a pesar de lo útil que puede ser la visualización de un fenómeno a través de una simulación, éstas también pueden ser incorrectas. Los autores se basan en otras investigaciones en Física que han comenzado a considerar las aproximaciones computacionales al mismo nivel que las teóricas y experimentales. Argumentan que es importante la física computacional para mejorar la comprensión aunque consideran necesario que los alumnos hayan pasado por un curso introductorio de computación antes de enfrentarse a estas actividades. Manifiestan que la mayor barrera para que los alumnos puedan corregir una simulación es el desarrollo necesario de habilidades computacionales. Mencionan dos posibles herramientas de programación accesible con las que es posible el desarrollo de simulaciones computacionales: VPython¹⁸ y Easy Java Simulation (EJS).

A pesar de las potencialidades que en muchos trabajos se ponen de manifiesto sobre la inclusión de este tipo de tecnologías en los escenarios educativos, es necesario seguir investigando. García Barneto y Gil Martín (2006), advierten que existen evidencias empíricas de que las simulaciones, debido a su fuerte carácter interactivo, pueden bloquear procesos cognitivos que habrían de desembocar en aprendizajes explícitos de principios físicos (Rieber, Tzeng y Tribble, 2004), incluso hay constancia de que determinadas formas de actividad de los alumnos, semejantes a las utilizadas por los científicos, no tienen la efectividad que de ellas cabría esperar (Lee, Nicoll y Brooks, 2004).

Las investigaciones promueven el acompañamiento permanente del docente durante el desarrollo de actividades con simulaciones y consideran la inclusión del sustento teórico que陪伴e a las simulaciones y la revisión de antecedentes en la temática en el que陪伴e al diseño de cada simulación (Godino, 2006; Araujo, 2005).

¹⁸ <http://www.vpython.org/>

La mayoría de los autores resalta la importancia de realizar más estudios que aporten reflexiones sobre el complejo escenario que se construye al incorporar simulaciones al proceso de enseñanza aprendizaje de conceptos físicos.

CAPÍTULO 3

La Actividad en el aula de Ciencias Naturales

3.1 Introducción

La actividad en el aula de ciencias se puede considerar como un conjunto de acciones situadas que evoluciona a partir de la interacción permanente de los sujetos con los componentes de la clase: -contenidos escolares, -pares y docente, -herramientas¹⁹ y con los otros sujetos que participan en la búsqueda de un objetivo común. La consideración del contexto interactivo permite comprender las acciones individuales (Kuutti, 1996).

En este sentido consideramos que la Teoría de la Actividad (TA), derivada de los trabajos de Vigotsky y desarrollada por Leontiev (1978), puede ser un adecuado marco teórico para estudiar las formas de prácticas humanas como procesos de desarrollo, tanto a nivel individual como grupal porque posibilita analizar los procesos de aprendizaje, como emergentes de la actividad. Argumenta que el pensamiento emerge a través de la interacción con el ambiente (Vigotsky, 1992).

Esta teoría enfatiza la relación dinámica entre conciencia y actividad, donde el conocimiento es socialmente construido sobre la base de la intencionalidad, la historia, la cultura y las herramientas de mediación que se utilizan en el proceso. La conciencia es el resultado de la práctica diaria, y el proceso de significación consciente que realiza un actor o grupo de actores en una red de trabajo que emerge de la actividad o de la reflexión consciente de la actividad (Jonassen y Rohrer Murphy, 1999). Se unifica atención, intención, memoria, razonamiento y lenguaje, y se manifiesta en la práctica. “Es un proceso evolutivo que comprende la internalización de una cultura dada de práctica y la creación de nuevos artefactos y patrones de interacción” (Cole y Engeström,

¹⁹ Cuando se hace referencia al concepto de herramienta se piensa en el artefacto aún no asimilado por el sujeto. Es decir un artefacto que aún no ha alcanzado las propiedades para constituirse en instrumento.

2001).

Las actividades son formaciones a largo plazo y sus objetos se transforman en los resultados a través de un proceso que normalmente consiste en varios pasos o fases. Son realizadas por acciones individuales y cooperativas y las cadenas y redes de acciones se relacionan entre sí por el mismo objeto y motivo. Por lo tanto, participar de una actividad es desarrollar acciones conscientes que tienen una meta inmediata y definida. A su vez las acciones no pueden ser entendidas sin el marco de referencia creado por la correspondiente actividad.

La actividad es considerada una jerarquía de acciones desarrolladas en forma consciente y que se dirigen hacia una meta. Las acciones se utilizan para transformar y alcanzar el objeto y requieren de cadenas de operaciones. Las operaciones son acciones cuando se desarrollan por primera vez, porque requieren de un esfuerzo consciente. Luego, con la práctica y la internalización, las actividades devienen en acciones o en operaciones cuando se automatizan, dado que requieren menos esfuerzo consciente. También puede darse la dinámica inversa, las operaciones se pueden transformar en acciones cuando se modifica el contexto y vuelven al plano consciente. Es decir, las relaciones entre actividades, acciones y operaciones son dinámicas. El proceso de internalización, es decir la transformación de actividades externas en internas, proporciona la posibilidad de que las personas comiencen a simular interacciones potenciales con la realidad sin concretar la manipulación con los objetos reales. En algunos casos, los componentes externos pueden ser omitidos para hacer una acción más eficiente, por ejemplo en el caso de los cálculos. En otros casos, la internalización ayuda a identificar el modo óptimo de actuar antes de realizar una acción en forma externa. La externalización es la transformación de una actividad interna en una externa, necesaria cuando una acción internalizada debe ser modificada o cuando varios sujetos realizan un trabajo colaborativo y deben externalizar la actividad para su coordinación. Los cambios en las condiciones físicas, mentales o sociales del contexto son internalizados por el sujeto y reflejados directamente en las actividades conscientes que realiza. Por ejemplo, si un profesor implementa una nueva metodología de trabajo con sus alumnos, se deberán redefinir y renegociar

pautas de trabajo y las actividades explícitas e implícitas. Cada actividad posee una historia en su desarrollo que ayuda a entender la situación corriente.

Las actividades son formaciones a largo plazo y sus objetos se transforman en los resultados a través de un proceso que normalmente consiste en varios pasos o fases. Son realizadas por acciones individuales y cooperativas y las cadenas y redes de acciones se relacionan entre sí por el mismo objeto y motivo. Por lo tanto, participar de una actividad es desarrollar acciones conscientes que tienen una meta inmediata y definida. A su vez las acciones no pueden ser entendidas sin el marco de referencia creado por la correspondiente actividad.

3.2 Estructura de la actividad

Las actividades se distinguen entre sí de acuerdo con sus objetos. La transformación del objeto en un resultado es lo que motiva la existencia de una actividad. Es posible que tanto el objeto como el motivo sufran algún cambio durante el proceso de una actividad; el objeto y el motivo se revelarán sólo en el proceso de hacer.

Cuando el sujeto actúa sobre el objeto configura (o pone en acción) una interacción que va transformando al objeto. Se considera objeto de actividad “algo” que puede ser transformado por el o los sujetos, por ejemplo la construcción de un instrumento (físico), un software (simbólico) o nociones conceptuales (teorías o modelos que son negociados).

Una actividad involucra a un sujeto que emplea instrumentos para mediar sus acciones en el mundo y comparte las metas (objeto de la actividad) de una comunidad, la que se rige por ciertas normas y división de tareas. Estos componentes forman un sistema de actividad (SA) (Leontiev, 1978; Engeström, 1987).

Se considera herramienta (instrumento) a cualquier cosa que se utiliza en el proceso de transformación del objeto para cumplir una meta. Al analizar una actividad puede verse cómo los artefactos tales como herramientas y sistemas de símbolos median entre el individuo (sujeto de la actividad) y el propósito del individuo (objeto de la actividad). Las herramientas tanto posibilitan como

limitan el accionar del individuo. El sujeto participa en el proceso de transformación con una experiencia acumulada históricamente y habilidades cristalizadas para esto y se enfrenta con restricciones de interacción propias de las herramientas utilizadas.

La TA postula que las herramientas median todas las relaciones y permite analizar la introducción de la tecnología como parte de un proceso general de evolución cultural en el cual los artefactos median la actividad humana (Leontiev, 1981). Para entender toda una actividad es necesario conocer cómo los artefactos median la actividad dentro del contexto cultural en el cual la actividad se sitúa.

3.3 El sistema de actividad: clase de ciencia con tecnología

El contexto de una actividad puede ser considerado como las relaciones concretas históricamente construidas entre situaciones y dentro de ellas. Los contextos son sistemas de actividad (SA) que integran al sujeto, el objeto y los instrumentos (herramientas materiales, signos y símbolos) en un todo unificado. Leont'ev (1978) y Engeström (1987) sostienen que toda acción particular se constituye socialmente y recibe el significado de acuerdo a su ubicación en sistemas de actividad generados social e históricamente.

Los SA incorporan dos aspectos de la conducta humana, el productivo orientado a los objetos y el comunicativo orientado a las personas. Se caracterizan por sus contradicciones internas que residen en cada uno de sus componentes que a su vez pueden verse perturbados por contradicciones secundarias que constituyen el cambio y desarrollo del sistema (Engeström, 2001). Bajo esta perspectiva se estudian las complejas interrelaciones entre los sistemas de actividad y las personas comprometidas en las prácticas diarias. Las acciones significativas, que implican relaciones complejas dentro de los SA, dan sentido a las operaciones y se constituyen en la unidad de estudio significativa para la TA.

Cole y Engeström sostienen que desde la perspectiva de la participación individual en una actividad, las acciones del individuo hacia el objeto de la actividad (objetivo) serán afectadas por estos tres factores: las herramientas

utilizadas (instrumentos, signos, lenguaje, etc.); las reglas de la comunidad a la que pertenecen (leyes, prácticas aceptadas, etc.) y la división del trabajo en la comunidad (roles, procedimientos de comunicación, etc.). Consideran que la actividad es el contexto mínimo significativo para la comprensión de las acciones individuales.

El individuo no está solo en una actividad sino que es parte de una comunidad y la actividad que realiza es afectada por su participación dentro de esa comunidad con la que comparte el mismo *objeto*. El objeto representa el producto físico o mental que se quiere conseguir y al que la actividad está dirigida.

La actividad de todos los individuos dentro de la comunidad debe ser organizada y se tienen que comunicar coordinadamente para que el conjunto de acciones que realicen les permitan alcanzar el objetivo común. La relación de la comunidad con el objeto de la actividad es mediada por la división del trabajo entre sus miembros. Esta división determina el rol que cada individuo juega en la actividad y la tarea de la que cada uno es responsable. La tarea es mediada por reglas o normas explícitas e implícitas, convenciones y relaciones sociales dentro de la comunidad.

Esto es, en la visión sistémica, la relación entre el sujeto y el objeto está mediada por las herramientas, la relación entre el sujeto y la comunidad está mediada por las reglas, y la relación entre el objeto y la comunidad está mediada por la división del trabajo. Estas tres relaciones deben entenderse en un sentido amplio. Una herramienta puede ser cualquier cosa usada en el proceso de transformación del objeto, incluyendo las herramientas materiales y cognitivas. Las reglas incluyen las normas explícitas e implícitas, convenciones, y las relaciones sociales dentro de una comunidad. La división del trabajo se refiere a la organización explícita e implícita de una comunidad en relación con el proceso de transformación del objeto en el resultado; se refiere a los roles de los sujetos en el intercambio de experiencias y conocimientos que les permitan cooperar en la transformación del objeto (Jonassen y Rohrer Murphy, 1999).

Dada la naturaleza bidireccional de la mediación, las herramientas, reglas de la comunidad y división del trabajo dentro de la comunidad afectarán el proceso mental que desarrolle el individuo. Cada uno de los mediadores está formado

históricamente y en continuo desarrollo.

En la **Figura 2** se presentan, basadas en la conceptualización de Engeström (1987), las relaciones existentes entre *sujetos*, *objeto*, y *comunidad* del sistema al que denominamos “*Clase*”.

El sistema “*Clase*” está formado por un grupo de estudiantes (*sujetos*), compañeros de clase, que se encuentran en el aula de Cs. Naturales para resolver una tarea (*objetivo* de la actividad) que les propone el docente. En esta tarea deberán utilizar herramientas informáticas de modelado (*simulaciones*) para profundizar en la conceptualización de un determinado fenómeno (*objeto*). El objetivo de la actividad es el aprendizaje de un tema del currículo y el resultado final será la tarea resuelta, que involucra a los conceptos trabajados durante la actividad y a aquellos nuevos conocimientos que se irán construyendo en la práctica. Los estudiantes y el docente conforman la *comunidad* que comparte el *objeto*. Dado que es muy común que los estudiantes trabajen en grupos, el *sujeto* del sistema será cada grupo que interactuará con el docente y con las herramientas que éste proponga. Habrá una cierta división del trabajo entre el docente y los estudiantes, y entre los miembros del grupo. También se establecen un conjunto de reglas que los ubica como miembros de esta comunidad. Algunas de estas reglas pueden ser explícitas, establecidas por la escuela, la organización en el aula, el reconocimiento del docente como guía; otras son implícitas, ya que forman parte de la cultura del trabajo del docente o entre pares de alumnos. Algunas reglas también pueden ser construidas para una tarea en particular, por ejemplo, cómo se organizarán los grupos de trabajo. A medida que avanza el proceso de transformación se utilizan diferentes herramientas e instrumentos como son los materiales que guían la resolución de la tarea, las herramientas informáticas, los materiales previos trabajados en clase.

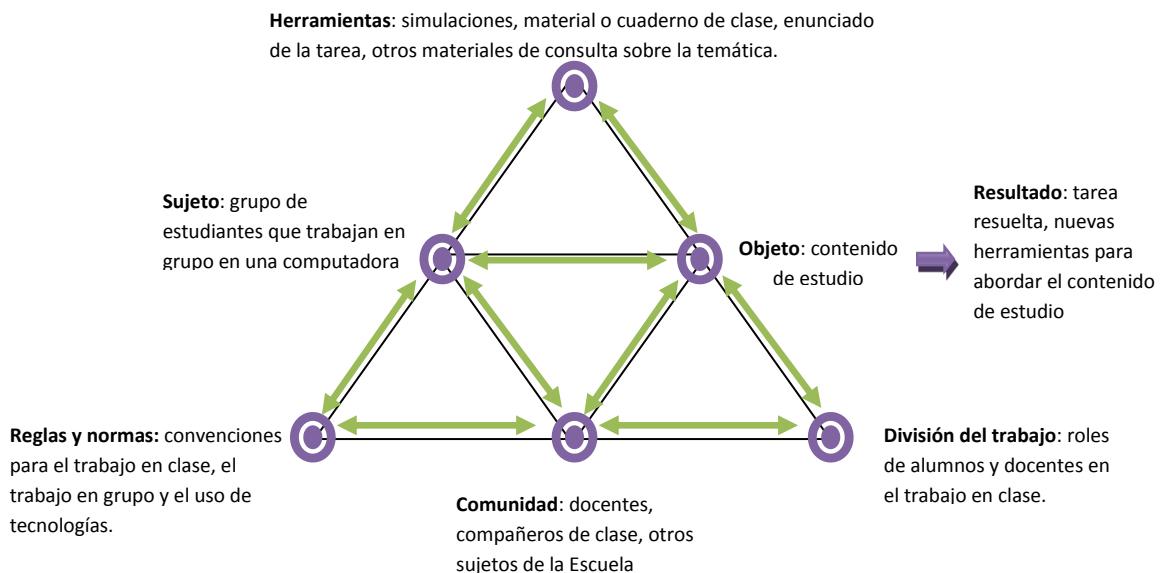


Figura 2: Sistema de actividad “Clase”. Modelo de SA adaptado (Engeström, 1999, p. 31)

La dinámica de las actividades

Las actividades están siempre cambiando y desarrollándose. Este desarrollo toma lugar en todos los niveles de la actividad (actividad-acción-operación). Las operaciones se forman desde previas acciones e incrementan las habilidades del participante. A su vez las nuevas acciones se experimentan y se adaptan como respuesta a nuevas situaciones o posibilidades encontradas en el proceso de transformación del objeto (Engeström, 1999).

Se mencionó anteriormente que es difícil clasificar actividades de acciones. El límite entre acciones y actividad es débil y los movimientos son posibles en ambas direcciones. Esto es, una actividad puede cambiar el motivo y volverse una acción y una acción puede volverse una operación cuando el objetivo cambia. El objetivo de una actividad puede volverse la meta de otra actividad como resultado del cual más tarde se transforma en una actividad integral.

A partir de Influencias externas ocurren contradicciones que ocasionan cambios en algunos elementos de las actividades, en las relaciones entre ellos, entre diferentes actividades o entre diferentes fases en el desarrollo de una actividad simple. Las contradicciones se manifiestan como problemas, rupturas,

interrupciones, etc. La TA ve a estas contradicciones como fuente del desarrollo. Las actividades están virtualmente siempre en el proceso de trabajar a partir de contradicciones.

Las tecnologías, por la automatización y la sustitución de operaciones humanas, pueden volverse parte de una actividad y ampliar el rango de acciones disponibles a los participantes. Ayudan en acciones dirigidas a la construcción de sentido, ofreciendo una ventana para mirar al objeto de trabajo, para entenderlo mejor. Soportan acciones comunicativas entre participantes para coordinar o negociar el motivo o alguna otra faceta de la actividad. Pueden ser la única posibilidad para que una actividad sea factible de realizar por su complejidad o porque su objeto sea tal que de otra manera no podría ser manipulado.

Lo antes expuesto permite comprender que una actividad puede ser realizada utilizando diferentes acciones, dependiendo de la situación. Por ejemplo, la actividad de resolución de una tarea en clase, mencionada anteriormente, se compone de diferentes acciones dependiendo de: la estrategia que se utilice en la resolución, los conocimientos previos de los alumnos, los intercambios que puedan tener con el docente y otras tantas situaciones que pueden darse en una tarea escolar.

Por otro lado, una misma acción puede pertenecer a diferentes actividades, en cuyo caso los motivos de las actividades harán que la acción tenga un sentido diferente para cada sujeto que participa de la actividad. Por ejemplo, la acción de ayuda que pueda realizar el docente durante la tarea tendrá una connotación diferente para el docente que para los alumnos. Para los docentes puede convertirse en la oportunidad de ofrecer andamios que les permita a los alumnos avanzar en la construcción de conocimiento, para los alumnos puede significar una simple ayuda que les posibilita avanzar en la tarea al sortear un determinado obstáculo.

Se pueden imaginar así otras actividades que colaboran con el sistema “*Clase*”, por ejemplo el sistema que conformaría el *Diseño de una Simulación*. En este sistema, cuyo resultado sería la simulación que luego se utilizaría en el aula, el sujeto es el diseñador o experto en desarrollo de herramientas informáticas y su objetivo es crear una simulación que modele un determinado fenómeno.

La actividad *Educación Formal*, cuyo objeto es la educación formal de los alumnos, el sujeto es el docente y la comunidad se compone de los docentes y sus directivos o superiores. Los docentes despliegan herramientas y habilidades para lograr que los procesos de enseñanza y aprendizaje se desarrollen en un determinado plazo y alcancen ciertas metas establecidas por los lineamientos curriculares y por otro lado los directivos tienen que cumplir con su tarea de gestionar tales procesos. Hay una cierta división del trabajo y un cierto conjunto de reglas diferentes que no son las que se establecen dentro del aula.

Si nos situamos a su vez en la tarea del docente cuando realiza su *Diseño Pedagógico* podemos pensar en otra actividad en la que el docente es el sujeto. En esta actividad el objetivo es el diseño de una tarea para el aula, cuyo objeto será el conocimiento involucrado. La comunidad está formada por otros docentes que comparten la tarea educativa, dentro y fuera del establecimiento, y por aquellos expertos en el conocimiento que se busca construir.

Por tanto, es importante analizar la actividad y el contexto como partes del proceso de diseño educativo. Así, cuando se analiza la actividad humana se consideran no sólo las actividades en que las personas se involucran sino quién se compromete con tal o cual actividad, cuáles son sus objetivos e intenciones, qué objetos o productos resultan de esa actividad, cuáles son las herramientas que median la actividad, cuáles son las reglas y normas en que se circscribe y las características de la comunidad en la que se realiza.

3.4 El escenario que se construye en esta investigación

La figura desplegable que se muestra como **Anexo I** presenta en forma de diagrama el escenario interactivo de un aula de Cs. Naturales en la que se utilizan simulaciones computacionales para mediar procesos de enseñanza y aprendizaje. El contexto que se construye con la presencia de las tecnologías en las clases de ciencias puede estudiarse como un sistema de actividad amplio en el que coexisten variados sistemas de actividad mutuamente interrelacionados. Tales sistemas, que permiten situar el estudio desde la perspectiva de cada uno de los actores involucrados en el proceso (docente,

alumnos, diseñadores de las herramientas, etc.), constituyen diferentes espacios interactivos que colaboran en la construcción de conocimiento.

Se presentan a continuación los espacios de interacción que participan en esta investigación y se mencionan los elementos conceptuales que posibilitan su estudio.

3.4.1 Espacio de interacción del diseñador de la simulación

La **Figura 3** muestra el espacio de interacción que considera como actividad la creación de la simulación que se utilizará en el aula. El sujeto de este sistema de actividad es el diseñador que construye el modelo computacional que sustenta la simulación (objeto del sistema), a partir de considerar el modelo científico del fenómeno a simular, el modelo de interacción del sujeto, las herramientas de diseño para construir la simulación con sus facilidades y limitaciones y las características de usabilidad que un sistema interactivo debe cumplir. El modelo computacional determina la funcionalidad de la simulación y define los objetos de interacción que manipulará el usuario.

La simulación, como resultado del sistema, contiene la propuesta de interacción (función apropiada) elaborada por el diseñador que como se describiera anteriormente no siempre coincidirá con la función accidental o aquellas que el sujeto desarrolle en uso.

Es importante destacar que en la mayoría de los casos en los que se utilizan simulaciones en el aula el diseñador no es el propio docente. En muchas ocasiones éste selecciona una simulación previamente construida y trata de adaptar su diseño pedagógico a ella. La complejidad del diseño de estos artefactos, reflejada en el esquema de la figura 3, muestra las relaciones que el docente necesita conocer previamente para poder utilizar en forma adecuada el artefacto, es decir lograr que éste se adapte al modelo curricular que se trabaja en clase.

Cuando el diseñador de las simulaciones es el docente que las utilizará en el aula, el camino recorrido por éste durante el diseño favorece la adaptación del artefacto a las posibilidades de los alumnos, fundamentalmente a sus conocimientos previos. Aunque difícilmente pueda tener en cuenta y considere

en el diseño las exigencias interactivas que demandan los alumnos en la actualidad, inmersos en el mundo digital de los videojuegos y la interactividad.

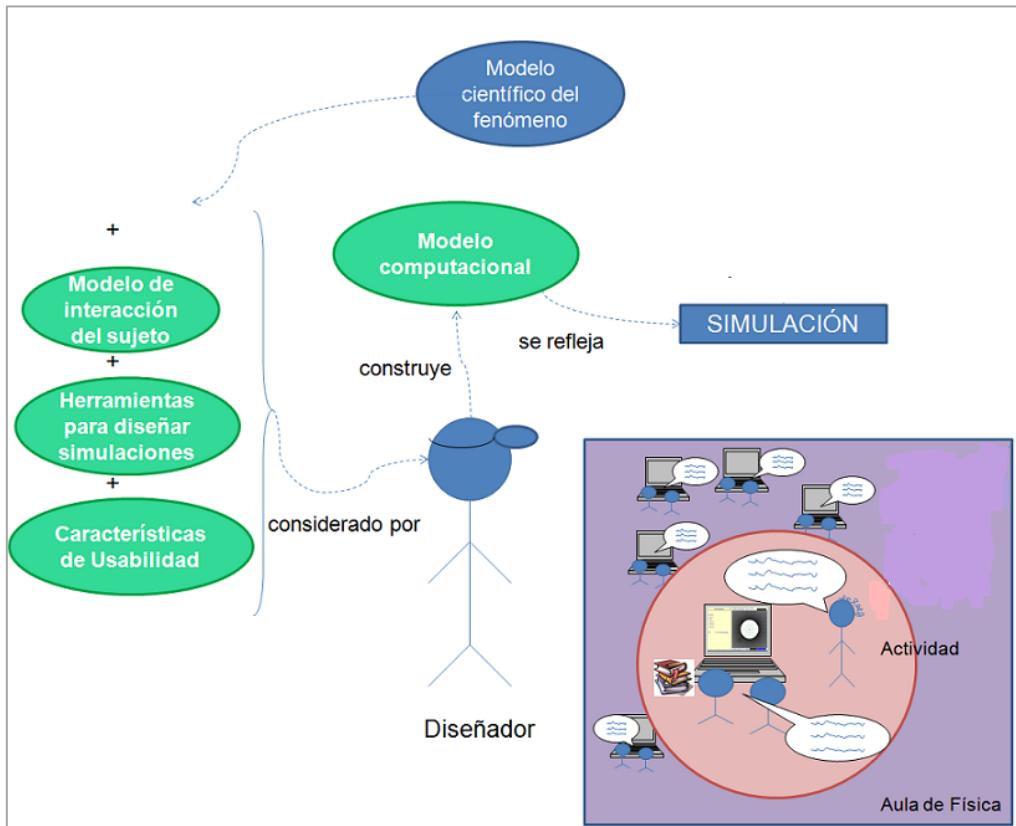


Figura 3: Sistema de actividad del diseñador de la simulación

3.4.2 Espacio de interacción del docente

La **Figura 4** muestra el espacio de interacción que considera como actividad el diseño de la tarea que el docente propone a sus alumnos. El sujeto de este sistema de actividad es el docente que diseña la tarea (objeto del sistema), a partir de su modelo didáctico. Este modelo considera el modelo científico transpuesto del fenómeno a simular, el enfoque de Enseñanza y Aprendizaje del docente que le permitirá seleccionar la simulación con la que se trabajará en el aula. El docente que realiza esta actividad forma parte de una comunidad constituida por otros docentes que pueden o no ser de su área, las herramientas que utiliza son materiales de consulta como libros de texto, sitios de Internet, el diseño curricular, el proyecto educativo de la institución, etc.

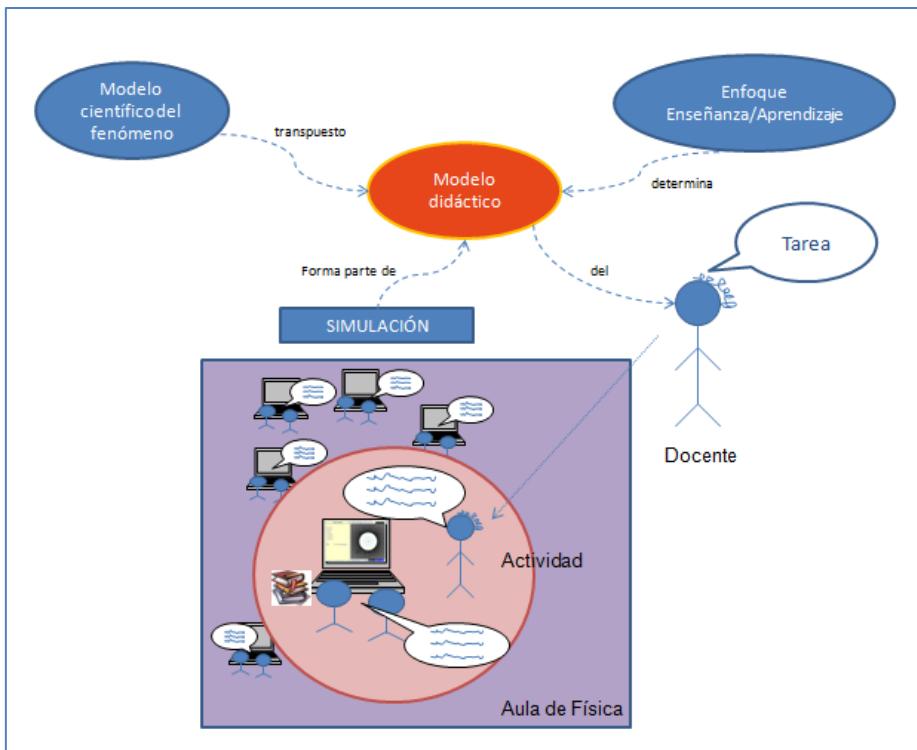


Figura 4: Sistema de actividad del docente que elabora la tarea para el aula

3.4.3 Espacio de interacción de los alumnos

La **Figura 5** muestra el espacio de interacción que considera como actividad el aprendizaje de un determinado concepto a partir de la resolución de una tarea que propone el uso de simulaciones. Cada grupo de alumnos que trabajan juntos en una computadora constituyen un SA. Se considera así como sujeto del sistema al par de alumnos. La simulación es una de las herramientas que el docente propone para mediar los aprendizajes. Se constituye en un mecanismo de influencia educativa que busca colaborar en la ZDP colectiva que se construye. En la resolución de la tarea participan los modelos de interacción con herramientas tecnológicas de cada uno de los estudiantes (experiencias con videojuegos, Internet, móviles, etc.) y sus conocimientos previos. Como se mencionara anteriormente, el discurso posibilitará conocer los hechos y acciones que definen las relaciones y los intercambios en esta situación concreta de interacción, y también la asociación intelectual que surja de las cogniciones que se encuentran distribuidas entre los individuos y los artefactos culturales, en este caso las simulaciones. La comunidad en este sistema estará formada por los estudiantes que forman parte de otros grupos y el docente que

interviene como guía de la tarea. La división del trabajo se establece según los roles que asuma cada uno de los estudiantes durante la tarea.

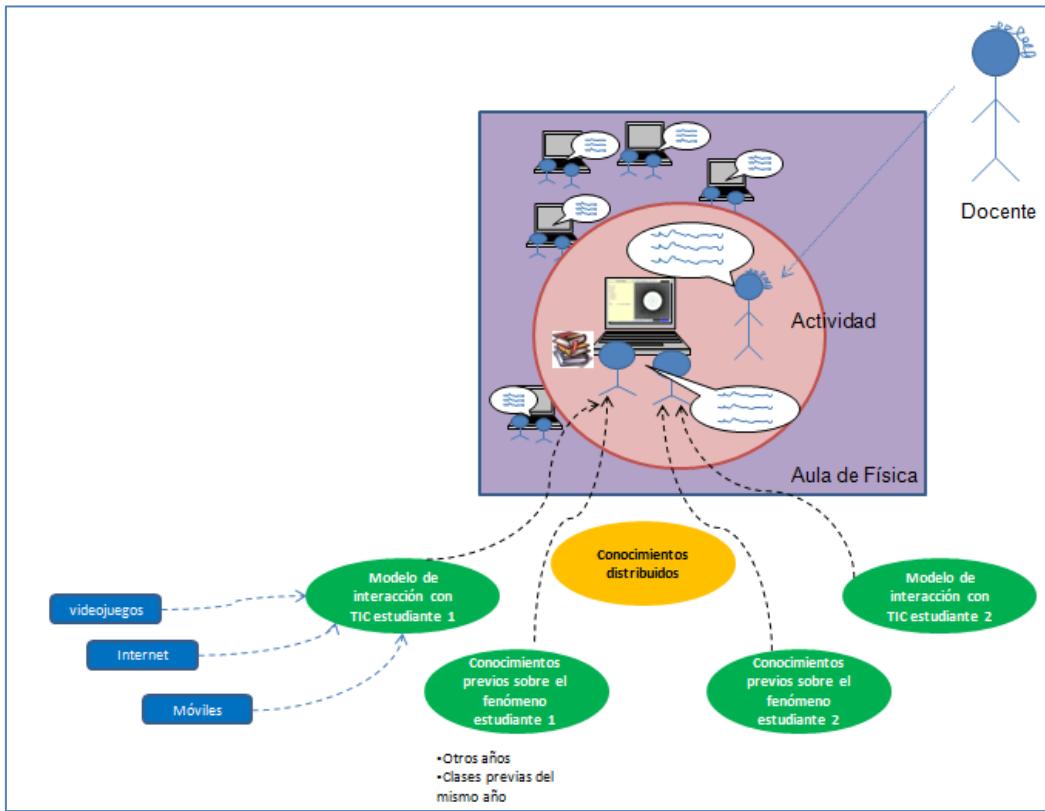


Figura 5: Sistema de actividad de los estudiantes que trabajan en una computadora

3.4.4 El discurso en el aula

Se concibe al aprendizaje escolar como la socialización de los alumnos y alumnas en forma de habla y modos de discurso, que son específicos de contextos situados cultural e históricamente (Cubero, 2005). Autores como Bruner (1988, 1998), Edwards y Mercer (1989, 1988) y Wertsch (1988) hablan del aprendizaje como un proceso de adquisición de nuevas formas de comprender y explicar la realidad. En palabras de Gallardo y Cubero (2005) aprender los conocimientos de cada materia es aprender a emplear los modos de discurso apropiados para dicha disciplina.

Vigotsky considera al lenguaje como instrumento de mediación semiótica para explicar cómo la interacción social a nivel del funcionamiento intrapsicológico conduce a la resolución independiente de problemas a un nivel interpsicológico. Este cumple en principio una función comunicativa y de regulación de la

relación con el mundo exterior y luego se convierte en regulador de la propia acción. Como menciona Engel (2008), el proceso de interiorización puede entenderse como el tránsito desde una regulación externa, social e interpsicológica de los procesos cognitivos mediante el lenguaje de los demás, a una regulación interiorizada, individual e intrapsicológica de los procesos cognitivos mediante el lenguaje interno.

En estos términos el aula se constituye en un escenario de construcción y negociación conjunta de significados, enfatizando la dimensión semiótica al considerar el discurso como una actividad que genera significado. El discurso determina la realidad del aula, dando lugar a hechos y acciones que definen las relaciones y los intercambios en una situación concreta de interacción social. Existe una clara relación entre el discurso del profesor de un aula y el discurso de sus alumnos (Gallardo, 2005; Domínguez, 2011).

Desde una perspectiva sociocultural, la negociación de significados tiene lugar en el marco de un diálogo no siempre armónico entre diferentes perspectivas o puntos de vista.

El interés en una clase de ciencia es el de alcanzar los significados que la comunidad científica ha consensuado. Estudiar cómo se negocian significados conduce a estudiar los modos argumentativos de ese proceso. Un estilo de negociación de significados particularmente relacionado con este interés educativo, es el que tiene lugar en el seno de la comunidad científica. Esto se debe a que los temas que se estudian en las clases de Física son aquellos sobre los cuales los científicos, mediante un estilo de argumentación que les es característico, han llegado a acuerdos respecto de la conformación estructural de esta ciencia.

En Física, la enseñanza y el aprendizaje del concepto de campo plantean especiales dificultades a docentes y alumnos. Muchos alumnos hábiles en resolver problemas aplicando el formalismo matemático que utiliza la Física, no realizan una interpretación científicamente correcta de los elementos conceptuales involucrados. Esto destaca la importancia de la promoción de discusiones cualitativas (además de las cuantitativas) que favorezcan y profundicen una comprensión más significativa del cuerpo de conocimiento (Velazco, S., Salinas, J., 2001).

Por ejemplo, como en el caso considerado en esta tesis, la construcción del concepto de campo eléctrico requiere realizar un análisis macroscópico y microscópico de los fenómenos electrostáticos. Si el fenómeno se concibe, primero, en función de la intensidad entre las cargas puntuales y la distancia que las separa para luego relacionarlo con una propiedad del espacio, requiere que se aborden entre otros temas la ley de conservación de la carga, de la ley de Coulomb, el proceso de inducción electrostática, etc. Finalmente, sería esperable que los alumnos puedan transferir sus elaboraciones conceptuales a sistemas físicos más complejos.

Tratar de aprehender la triple dimensión social, cognitiva y de intencionalidad pedagógica de la actividad discursiva y en consecuencia del proceso de construcción de significados compartidos parece requerir de la identificación de las formas de organización de la actividad.

Las interacciones argumentadas son altamente recomendables en el ámbito escolar como un método para mejorar el razonamiento de los estudiantes en Ciencia (Howe y Tolmie, 1998; Wichmann, Gottdenker, Jonassen, et al., 2003). En una comunidad de aprendizaje mediada por computadora “las ideas, teorías modelos, procesos, etc. se construyen en forma colaborativa, por medio de un proceso de negociación entre los diferentes miembros de la comunidad, y los desacuerdos se resuelven a través de la lógica y la evidencia” (Bielaczyc y Collins, 2000).

En este marco es pertinente, atender a aquello sobre lo que se discute – objetos-acciones-situaciones- y a la manera en la que se re-presenta (texto e imagen). El análisis de la utilización de referencia por parte de los participantes en la actividad conjunta constituye un modo de estudio de los significados que se están negociando y construyendo en el proceso. Identificar las formas de organización de la actividad aparece como un paso obligado para tratar de aprehender la triple dimensión social, cognitiva y de intencionalidad pedagógica de la actividad discursiva, en consecuencia del proceso de construcción de significados compartidos (Coll, Mauri y Onrubia, 2008b).

3.5 La perspectiva semiótica para abordar los procesos interactivos en el aula con tecnologías

3.4.1 Introducción

El estudio de los procesos interactivos que ocurren en el aula con tecnología se abordará, como hemos identificado en el modelo heurístico (o estudio teórico), a partir de tres dimensiones de interacción: *digital, cognitiva y social*. Para ello se plantea la necesidad de definir una metodología de análisis que posibilite conocer y comprender la dinámica de los procesos y las relaciones que puedan existir o no entre tales dimensiones a partir de estudiar las prácticas de significación²⁰.

El espacio de interacción en el aula²¹ será concebido como un espacio de comunicación que toma en cuenta los discursos de los sujetos que participan en él. El conjunto compartido de términos y relaciones entre los distintos actores involucrados -alumnos, diseñadores de las herramientas interactivas y docente- establece el grado de comunicabilidad que se dará entre éstos, que puede o no favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje (Sánchez, 2004, p. 11). Este conjunto compartido de términos constituye el *mundo semiótico* donde ocurre la comunicación.

La noción (idea) de mundo semiótico es un constructo para dar cuenta de la correspondencia entre un término y su contexto de utilización, no siendo válido el criterio de atribuirle significados predeterminados.

Magariños de Morentín (2002) se refiere al concepto de *mundos semióticos* de manera afín al concepto de "Formaciones Discursivas" utilizado por M. Foucault (1969) en su obra "Arqueología del saber". Para Foucault, los discursos son dominios prácticos limitados por reglas de formación y condiciones de existencia. Esta formulación lo llevó a acuñar la noción de "*formaciones discursivas*" para referirse al conjunto de reglas anónimas e

²⁰ Significación: Es el proceso por el cual ciertas expresiones son sistemáticamente asociadas con ciertos contenidos basados en una convención establecida culturalmente. Este proceso establece una variedad de sistemas de signos en una cultura limitados o ilimitados. La unidad del sistema de significación son los signos.

²¹ Contexto de enseñanza y aprendizaje que propone la utilización de simulaciones para mediar el aprendizaje en Física.

históricamente determinadas que se imponen a todo sujeto hablante y que delimitan el ámbito de lo enunciable y de lo no enunciable en un momento y en un espacio. Esta noción permite entonces espacializar y temporalizar el discurso en relación con campos estructurados y jerárquicamente constituidos.

En el plano del análisis lo antes expuesto implica que lo subjetivo, al ser explicitado en el discurso, se convierte en "*práctica discursiva*" capaz de revelar la presencia de estructuras, reglas, valores de una formación discursiva y un orden legítimo en el espacio y el tiempo en el que se inscribe.

El discurso de los alumnos (texto semiótico particular que incluye diálogos y acciones en pantalla) se manifiesta relacionando la propia acción discursiva, las instituciones sociales desde las cuales hablan y su propio lugar en el mundo social (Foucault, 1970). Así, el discurso de los alumnos mientras realizan la actividad mediada por el applet, tal como lo sugiere Foucault, posibilita una lectura analítica que puede ir más allá del simple decir de los alumnos y revelar la presencia de estructuras, reglas, valores de una formación discursiva particular que posee un orden en ese tiempo y espacio.

Muchos son los investigadores (Chan, 2004; Scolari, 2004, 2009; De Souza, 2005, 2010; Magariños de Morentín, 2008; Godino, Recio, Roa, et al., 2005) que han considerado la posibilidad de utilizar la semiótica como herramienta de análisis para estudiar los procesos de significación en presencia de tecnología. Se ofrece a continuación un breve recorrido de las distintas perspectivas de uso de la semiótica. Se comienza presentando la perspectiva semiótica como práctica analítica, su utilización en las investigaciones en HCI, para finalmente focalizar en el espacio de interacción del aula con presencia de tecnología y la propuesta para estudiar los procesos interactivos.

3.4.2 La semiótica y el aula

"Cada vez que el hombre se enfrenta a una realidad, busca en los archivos de su cultura aquellos que le permitan comprender lo que el contexto le propone para interpretarlo. Generándose un diálogo entre cultura, contexto y cognición. La cultura le permite el encuentro con la memoria colectiva y el contexto funciona como elemento instrumental de las nuevas experiencias y también como agente de apropiación. Este proceso de interpretación origina el fenómeno

por el cual un signo da nacimiento a otro signo y, especialmente, un pensamiento da nacimiento a otro pensamiento. En este proceso los significados pueden verse como unidades culturales interrelacionadas unas con otras" (Eco, 1986, pp. 80-81).

La Semiótica, en la corriente Peirceana, es una rama de la Filosofía, una ciencia normativa formal. Busca conocer la verdad a partir de los signos en función de determinar las condiciones necesarias y esenciales del carácter y empleo de los mismos (Marafioti, 2004). La semiótica pide prestado recursos a otras disciplinas como la Lógica, la Literatura, la Comunicación, la Psicología, la Lingüística, la Antropología, entre otras. Peirce la define como la doctrina formal de los signos, que consiste en el estudio analítico de las condiciones esenciales de los signos.

Puede ofrecer una ayuda específica a disciplinas particulares como la Matemática o la Física cuyos temas se refieren al estudio de cierto tipo de signos, aunque también es relevante en el caso de las ciencias humanas. Peirce considera que los hallazgos semióticos en un nivel formal deberían tener una aplicación en los estudios de los tipos específicos de signos y, de manera inversa, los hallazgos de estas ciencias específicas ayudarían a brindar más ajuste y precisión a la semiótica formal. En sentido general los resultados de la semiótica son aplicables a cualquier ciencia. Para Peirce, juega un rol fundamental en el sistema de las ciencias (Marafioti, 2004).

La semiótica puede ejercer influencias en otras ciencias de modo directo o indirecto. Una conexión directa entre dos ciencias podría definirse como el caso en que una influye directamente en la otra. Por ejemplo, la influencia de la semiótica es más directa sobre las ciencias humanas que sobre las naturales. La principal razón es que los fenómenos humanos y mentales están articulados por propósito y por intencionalidad (causas finales), que constituyen la esencia de la actividad del signo. Se refieren a fenómenos sociales que ya tienen atribuido un conjunto dinámico de significados cambiantes con el tiempo y la cultura (Magariños de Morentín, 2008).

Peirce supone que todo es signo; por tanto no puede ser considerado objeto de conocimiento porque no habría otro objeto del que diferenciarse. Más recientemente Magariños de Morentín, a diferencia de Peirce, plantea que la

semiótica no es una ciencia dado que el signo como objeto de conocimiento posee características especiales. Plantea el siguiente razonamiento:

“...podríamos decir que todo lo que *vemos* (o sea, percibimos, conocemos, sentimos, intuimos, soñamos, etc.) lo *vemos* porque *está semiotizado* (o sea, porque ha sido el referente de un, al menos, enunciado semiótico: icónico, indicial, simbólico y/o sus combinaciones posibles). Al admitir que efectivamente se requiere un proceso de semiotización como condición necesaria que hace posible la identificación de las entidades de nuestro entorno, se está admitiendo que existen dos clases de objetos: *los que semiotizan* y *los semiotizados*. En otros términos: *los signos* y *los objetos semióticos*. Pero los objetos semióticos no son signos; al menos mientras los manipulamos como tales, sin que nada impida que, modificando las circunstancias de su forma de hacerse presentes, ..., puedan pasar a comportarse como signos. Los objetos semióticos reciben ese nombre para indicar que ya están semiotizados.,..., Respecto de *aquellos objetos que no están semiotizados*, no es que no existan...; lo que ocurre es que *no podemos verlos* (o sea, percibirlos, conocerlos, sentirlos, intuirlos, soñarlos, etc.), ya que *no tienen identidad* (en cuanto posibilidad de reconocimiento mediante su significado), es decir, *carecen de existencia ontológica*, para nosotros (Magariños de Morentín, 2008, pp. 15).

Magariños de Morentín (2002) define a la semiótica como un proceso cognitivo, riguroso y eficaz. Una facultad humana que no excluye lo orgánico y que el hombre ejerce como instrumento cognitivo para la comprensión del mundo. Es una disciplina teórica que estudia la práctica intuitiva (semiotización) y las dos formas de prácticas profesionales que son la semiótica aplicada al análisis y la semiótica aplicada a la producción. Es una metodología de investigación en ciencias sociales que tiene por objeto explicar el proceso de producción, interpretación, comunicación y transformación del significado de los fenómenos sociales (Magariños de Morentín, 2004).

La semiótica aplicada al análisis de los signos interviene en determinado segmento del universo de las significaciones efectivamente vigentes en un sector de la sociedad. Propone un discurso explicativo acerca de las componentes de los signos y las relaciones que han participado en el proceso de atribución de determinada significación a un fenómeno (físico, natural,

químico, etc.) que por medio de ese proceso de atribución se convirtió en social. La eficacia de esta intervención consiste en que los integrantes de determinado sector de la sociedad acepten la existencia de, cualidades y conveniencia del significado, histórico o prospectivo, de esa determinada entidad, idea o comportamiento, tal como está propuesta en el correspondiente discurso. No está en juego la verdad del discurso semiótico ni la verdad de la significación del fenómeno, sino su aceptabilidad.

Se entiende por fenómeno social a toda configuración resultante de una aplicación de un proceso de semiosis²². Esto es, no existe la primera interpretación de un fenómeno el cual por el hecho de preceder a su interpretación sería natural. Todo fenómeno es ya social en cuanto ya está interpretado, o sea, en cuanto todo ya es signo.

El significado de un fenómeno social es la interpretación que ese fenómeno recibe en un momento de determinada comunidad. No hay fenómeno sin interpretación. Es el fenómeno lo que emerge y se hace perceptible e identificable, ello ocurre por el hecho de ser enunciable a partir de alguna de las materias primas semióticas disponibles en ese momento en esa comunidad. Es fenómeno en la medida en que ha sido enunciado y, al ser enunciado, queda interpretado por esa misma enunciación. Así se aproxima el fenómeno al referente, ya que este término designa al fenómeno construido desde un enunciado.

La semiótica aplicada al análisis posibilita identificar los discursos mediante los que se interpreta de determinada manera a un fenómeno que, a su vez y por intermedio de tales discursos, queda disponible socialmente como referente.

En cualquier caso en el que se utilice a la semiótica (análisis o producción) el fenómeno sobre el que recae la interpretación no es natural ni primitivo, sino ya social, puesto que tiene la historia de sus precedentes estados como otro referente distinto al actual, siendo sobre estos otros referentes (o sobre el último) sobre el que recae la interpretación modificadora.

Dar significado a un fenómeno consiste en proponer que un referente se transforme en otro referente por la eficacia de los discursos que circulan en un

²² Producción de otro signo que resulta de la interpretación de signos anteriores.

momento dado en una sociedad, proponiendo interpretaciones distintas (superadoras) de las que históricamente se consideraban adecuadas (Magariños de Morentín, 2008).

En palabras de Chan (2004), la semiótica de Peirce propone una metodología de construcción de saberes que puede resultar fructífera para estudiar los fenómenos educativos que incluyen a las tecnologías informáticas y que colaboren en la comprensión de las implicancias que tienen las interacciones en el aprendizaje. En la aplicación de una visión triádica²³ a los procesos de interacción en estos espacios pueden encontrarse claves para la construcción semiótica de los acontecimientos epistémicos que ahí se plasman.

Los signos y su interpretación

“un signo o representamen es algo que está para alguien, por algo, en algún aspecto o disposición”, (Charles S. Peirce, 1965)

Marafiotti (2004), hace mención a las dos corrientes más representativas dedicadas al estudio de los signos. Por un lado la Semiología, corriente europea continental, cuyo principal representante es Ferdinand de Saussure (1857-1913); y por otro, la Semiótica, desarrollada en Estados Unidos y Gran Bretaña, cuyo máximo representante es el filósofo americano Ch. S. Peirce (1839-1914). Ambas corrientes consideran al signo como ámbito y a la significación como fenómeno complejo en particular a la significación social.

La primera, destinada a estudiar los signos dentro de la vida social, parte desde el lenguaje con el que se reconoce el rasgo fundamental del hombre. Esto es la capacidad de identificar los objetos, de reconocerlos, de hablar acerca de ellos, lo que distingue al hombre de otras especies. El hombre es lo que nombra: es su capacidad de nombrar. Diferenció la lengua y el habla: una es social, la otra se refiere a la ejecución individual. El signo para Saussure es una entidad psicológica que une dos planos: Un significado (un concepto, una huella mnémica) y un significante (un sonido, una imagen acústica). Básicamente el

²³ Relación inevitable por la cual cada componente de un signo adquiere sentido. Esto es, cada una de estas condiciones formales del signo está mediada a partir de las otras. Este concepto se desarrolla más adelante

signo liga estos dos componentes y el producto es la significación.

En la semiótica el lenguaje es parte de un sistema mayor, como son el pensamiento y el razonamiento que permite reconocer la existencia de signos. El lenguaje es el resultado de un fenómeno anterior que es el advertir que las cosas a las que se nombra son, antes que nada, signos que desencadenan mecanismos de razonamiento en donde “algo” está en lugar de otra cosa y un nombre ocupa el lugar de la cosa y ese nombre a su vez permite que se lo interprete, que se lo traduzca en otros signos. Y eso le ocurre también a los pensamientos que están encadenados en un pasado y futuro inevitables. Para el pragmatismo los signos determinan acciones. El significado se extrae no internamente del signo sino, externamente, a partir de la acción que el signo provoca.

Peirce define a la semiótica como la disciplina formal de los signos, que habla del sentido, de la significación, de los significados sociales y de las interpretaciones tanto individuales como sociales que llevan a explicar los fenómenos de los cuales la comunicación interpersonal o la HCI pueden ser ejemplos.

La semiótica comprende tres procesos: realizar observaciones, razonar sobre la base de esas observaciones (interpretar) y brindar confirmación a los resultados del razonamiento y determinar cuáles de esos resultados pueden ser verdaderos.

La observación designa la colección de diferentes tipos de operaciones comprendidas en el análisis de un fenómeno social. Estas operaciones son: la abstracción, la atribución de una propiedad con prescindencia del tipo de fenómeno que originalmente se asocia a la observación que a su vez puede ser de generalización (se extiende la referencia de una propiedad prescindente mientras se atenúa su sentido o significado) o de restricción (se desarrolla el peculiar sentido pero en el contexto de un particular tipo de fenómeno) en este caso se incrementa el sentido pero se restringe la referencia.

La investigación comprende, además de la observación a la inferencia que consiste en la producción de nuevas creencias que se extraen de las primeras según leyes lógicas. La abstracción produce nuevas ideas o hechos mientras

que la inferencia combina estas ideas con otras para llegar a nuevas proposiciones. La inferencia tiene tres formas básicas: *la abducción*, *la deducción* y *la inducción* (Marafioti, 2004, p. 70). La *abducción* es el proceso de razonamiento por el cual se formula una hipótesis o proposición general que busca dar cuenta de una observación anómala o sorprendente. Por la *inducción* se concluye que hechos, similares a los hechos observados, son verdaderos en casos no examinados. La *deducción* es una forma de razonamiento tal que “los hechos presentados en las premisas podrían no ser bajo ninguna circunstancia imaginable verdaderos sin la inclusión de la verdad de la conclusión.

Peirce plantea un abordaje pragmático-cognitivo cercano a la lógica y a la fenomenología que considera a la semiótica como la identificación de un conjunto de operaciones mentales (Marafioti, 2004, p. 60). Según el pragmatismo expresado en palabras de Marafioti (2004, p. 43):

“Ningún conocimiento tiene una significación intelectual por lo que es en sí mismo, sino sólo por los efectos que provocará sobre otros pensamientos. Y la existencia de una cognición no es algo actual, sino que consiste en que, bajo ciertas circunstancias, algún otro conocimiento puede tener lugar”, ..., “Para desarrollar el significado de un pensamiento, consiguientemente, tenemos que determinar simplemente todos los hábitos que produce, puesto que lo que una cosa significa es simplemente los hábitos que comporta”, ..., “El conocimiento tiene siempre por objeto a otro conocimiento y nunca a la realidad en su pretendida pureza de no modificada todavía por el pensamiento. El objeto de todo signo debe ser algo ya conocido, que también es signo, entonces el signo único es incognoscible... Ninguno de los tres componentes del signo, ni el fundamento, ni el representamen, ni el interpretante, tienen sentido por sí solos” (Magariños de Morentín, 1983, p. 4).

El proceso de significación es una relación entre representamen e interpretante; el representamen es el concepto o enunciado, por ejemplo científico, que se dirige a un sistema teórico donde transformado en interpretante recibe su valor significativo que incrementa el que tenía como representamen (Magariños, 1983).

El signo se genera en un ámbito semiótico que debe ser acotado y ajustado lógicamente para que pueda reconocerse como tal. Los tres aspectos que requiere la existencia del signo retomando la expresión de Peirce con que se inicia este apartado, son: el “*por algo*”, el “*para alguien*” y el “*en alguna*

relación". Mediante el primero, el signo capta el conocimiento que le interesa del objeto (fundamento); mediante el segundo, se instituye a sí mismo como forma perceptual y soporte sustitutivo (representamen) de tal intervención; y, mediante el tercero, proporciona la posibilidad de modificación que, en un sistema (*interpretante*), afecta al conocimiento o desconocimiento (pero no, no-conocimiento) acerca de dicho objeto. Lo que hace alusión a los conceptos de **primeridad** (las cualidades), **segundad** (las reacciones, los objetos se individualizan) y **terceridad** (los hábitos, continuidad) propuestos por Peirce.

Los hábitos consisten en la permanencia de alguna relación. "La tendencia a adquirir hábitos es una tendencia generalizadora; ocasiona acciones en el futuro para seguir ciertas generalizaciones de acciones pasadas; y esta tendencia es algo en si misma capaz de provocar generalizaciones; y por lo tanto, es autogenerativa. Tenemos entonces sólo que suponer el más pequeño rastro de ello en el pasado, y que el germen deberá estar atado al desarrollo de un poderoso y arrollador principio, hasta que subsista por el fortalecimiento de los hábitos en leyes absolutas que regulan la acción de todas las cosas en cualquier sentido en el futuro indefinido" (Collected Papers, 1.409, citado por Marafioti, 2004, pp. 5).

La clasificación de los signos

El principal interés de Peirce era precisar los mecanismos que desencadenan la producción de los diferentes tipos de signos. Define a la gramática semiótica como el espacio en el que se estudian las determinaciones de las condiciones formales de los signos y su clasificación. Considera que un signo no es tal hasta que no es descifrado por el receptor e intérprete de éste y que no preexiste antes de que ocurra este hecho. Esta teoría de clasificación de los signos dio origen a las teorías de los íconos, los índices y los símbolos que hoy resultan de incuestionable valor para el estudio de una sociedad que se maneja de manera preponderante con imágenes que alternativamente se resuelven en esas categorías.

Las condiciones del signo son cuatro:

- 1) Condición *representativa*. Un signo debe entrar en relación con un objeto o representar a ese objeto. Todos los signos tienen una dirección hacia uno o varios objetos en la medida en que están "*por algo*". Se trata de una relación de comparación y su naturaleza está determinada por las posibilidades lógicas.

2) Condición *presentativa*. El signo representa al objeto en alguna manera o capacidad (ground²⁴), está “en alguna relación”. Cada signo debe tener algún sentido o profundidad para considerarse como tal.

3) Condición *interpretativa*. El signo determina, potencial o realmente, a un *interpretante* (*signo que se despliega el signo original*). El signo tiene que tener la capacidad de crear otro equivalente o más desarrollado en algún intérprete que articule el sentido original y la referencia. Para ser un signo debe representar algo “para alguien” que resulta ser el usuario del signo. Es un pensamiento y su naturaleza es la de las leyes.

4) La cuarta condición formal, que incide en la interrelación triádica del signo, objeto e interpretante, da cuenta de la acción del signo, o sea, de la semiosis. Peirce define a esta última como “un acto o influencia que es o envuelve una cooperación entre el signo, su objeto y su interpretante”; esta relación de influencia triple no es de ninguna manera resoluble en actos entre pares”. La semiosis no es la reproducción mecánica o sumatoria de relaciones entre signo-objeto y signo-interpretante y objeto-interpretante sino la forma triple de una relación que no puede reducirse a ningún tipo de relación diádica. Define el concepto de semiosis infinita como la productividad del signo en la mente del interpretante. A partir del signo propuesto éste crea un nuevo signo (Figura 6) que a partir de la autoreflexión y/o de la comunicación y continúa indefinidamente transformando creativamente aquel signo inicial.

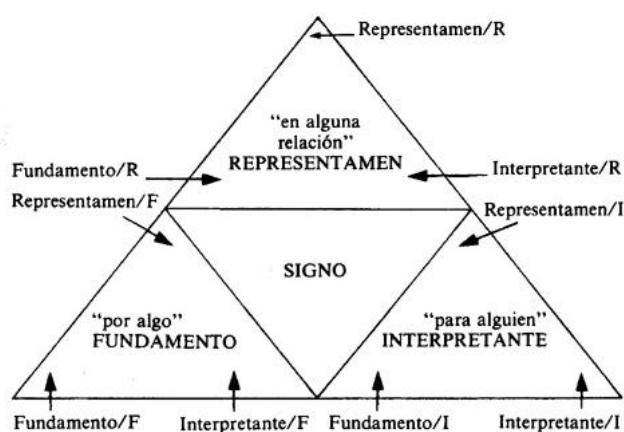


Figura 6: Tomado de “El Signo”, (Magariños de Morentín, 1983)

²⁴ Ground significa fundamento pero también es piso, soporte, sostén.

La relación entre signo, objeto e interpretante debe ser *triádica*. Pensada como una relación inevitable por la cual cada componente adquiere sentido. Esto es, cada una de estas condiciones formales del signo está mediada a partir de las otras: la habilidad del signo de representar requiere, además, de su poder de ser interpretado como un signo del objeto en algún aspecto; la habilidad del signo de ser interpretado sólo puede operar si es interpretado como representando al objeto en algún aspecto y si es interpretado como representante del objeto como tal. Así, el ground, la representación y la interpretación son triádicamente interdependientes.

El carácter presentativo del signo (Ground), el signo como signo: presenta a su objeto como en alguna forma o aspecto, (*por ejemplo: "Esta carga es positiva"*). Selecciona cierta característica, forma o cualidad del objeto que es mostrada de forma abstracta. Es la forma que el signo tiene en relación con el objeto y determina la base para su representación.

Como ya se dijo, un signo tiene tres características –presentativa, representativa e interpretativa, aunque usualmente predomina una. Entonces un signo se puede presentar de tres maneras: - *Cualisigno (tono)*: el carácter presentativo comprende sus características cualitativas (por ejemplo, el color de la partícula); - *Sinsigno*, el carácter presentativo opera a través de sus cualidades existenciales, de su singularidad, temporalidad o su ubicación única (por ejemplo, la flecha que representa al campo vectorial); - *Legisigno (tipo)*: el carácter presentativo se da a partir de cualquier forma convencional, de disposición o legitimidad que pueda haber alcanzado, (la dirección de la flecha indica el signo de la carga).

El carácter representativo del signo (en relación con su objeto): representa a un objeto que puede ser aproximadamente todo, y lo que hace que algo sea el objeto de un signo es el hecho que esté representado como tal por el signo (lo que resulta es el objeto inmediato del signo). El objeto determina el proceso semiótico que lo representa en cuyo caso se denomina objeto dinámico.

El carácter representativo ataña a la manera en la que un signo se correlaciona con su objeto y así se establece él como una representación de ese objeto. Se emplea la característica presentativa para establecer la correlación.

Existen tres tipos de representaciones: a) aquellas cuya relación con sus objetos es una mera coincidencia en alguna cualidad (semejanzas o íconos), b) aquellas cuya relación con sus objetos consisten en una correspondencia real (índices) y c) aquellas cuya relación con sus objetos es una cualidad imputada o signos generales (símbolos).

El carácter interpretativo (*en relación con su interpretante*): cada signo para ser tal debe ser interpretado, debe ser capaz de determinar un interpretante. Este puede entenderse como la traducción de un signo, su resultado significativo. A veces se lo define en términos de sus propios efectos significantes sobre el intérprete. Otras es el producto del proceso de semiosis, es decir la producción de otro signo que resulta de signos anteriores. Pero también se lo entiende como el proceso mismo, como la regla de la traducción del signo. Los interpretantes se dividen *inmediatos*, *dinámicos* y *finales*, también se los analiza como un proceso, un producto y un efecto.

El interpretante inmediato consiste en el interpretante tal como es “representado o significado en el signo”. El primer efecto propiamente significativo de un signo es el sentimiento que produce. Como un producto debería incluir algún tipo de primeridad, incluida la cualidad que comprende un sentimiento, vagas impresiones, cualidades, la idea de un esfuerzo o la idea de un tipo general.

El interpretante dinámico es el efecto directo o actual producido por un signo en una acción interpretativa; es “cualquier interpretación que cualquier mente realmente realiza de un signo”. Su producto pertenece a la categoría de la segundad, como las acciones, los hechos o las ideas producidas singularmente.

El interpretante final es el efecto de cualquier regla o ley que un signo tiene sobre la acción interpretativa. Es el efecto último del signo, tanto como es intentado o destinado, el carácter del signo, su contenido conceptual, entendido como el “deber ser” del signo, esto es la expresión del resultado generalizable del signo. Es el hábito de interpretación o el hábito de acción que la interpretación del signo provoca. Según Peirce, la forma más perfecta de concebir un concepto o un signo consiste “en una descripción del hábito que el concepto está en condiciones de producir”. También puede comprenderse

como el medio por el cual un signo se conecta o interrelaciona en un sistema de signos, esto es, se traduce en otro sistema de signos. Desde distintas perspectivas brindan diferentes productos finales. Como traducción del signo puede ser entendido como el estado de información que el signo (en su relación con otros signos) brinda, considerándolo un proceso puede comprenderse como las reglas de tales traducciones, que para Peirce son primariamente los variados tipos de inferencia o razonamiento ya mencionados: la abducción, la deducción y la inducción.

Así el signo dirige o determina a sus interpretantes respecto de cierta orientación en la interpretación de su objeto y puede dividirse según este carácter de la siguiente manera: - *Rema*, orienta al interpretante sobre las características interpretativas del signo más que otra propiedad existencial o legal que pudiera tener. Ejemplo: un término (“ser humano”) o el predicado de una proposición (proposición que no tiene referencia nítida respecto a un sujeto); - *Dicente*, conecta el sentido con el referente, conecta los remas en una relación interpretativa más alta. Ejemplo: una proposición y –*Argumento*, es un signo cuya interpretación está dirigida a una conexión sistemática, inferencial y legal con otros signos. El interpretante es la conclusión comprendida como el producto del argumento. Entendido como proceso el interpretante es la regla de la inferencia. Entendido como efecto, el interpretante trata de actuar sobre el intérprete a través de su propio control, representando un proceso de cambio en los pensamientos o signos, como si indujera este cambio en el intérprete. En todos los casos determina al interpretante respecto del carácter habitual del signo.

La semiótica indicial en el aula

La presencia de una herramienta interactiva en el aula puede considerarse como un despliegue de objetos que se presentan con una intensión particular como puede ser en nuestro caso la de contribuir al proceso de enseñanza y aprendizaje.

Para estudiar la actividad que se desarrolla en el aula cuando se utilizan herramientas interactivas de mediación se considera el concepto de “puesta en

“escena” desarrollado por Magariños de Morentín que da cuenta de situaciones explícitas o implícitas de objetos o comportamientos creados para ser exhibidos. Para Magariños de Morentín los objetos usados en la práctica social, según su finalidad específica y aunque no estén destinados a ser exhibidos, siempre e ineludiblemente incurren en alguna especie de situación implícita de puesta en escena y aparecen dotados de una tensión semiótica que los constituye en objetos de estudio de la semiótica indicial.

Según esta idea los objetos se diferencian de sí mismos dejando de ser simples objetos semióticos por el potencial al que remiten y el carácter de semiosis sustituyente que, en alguna medida tienen. Lo importante es identificar la situación en la que la percepción de objetos y/o comportamientos sugiere o impone construir una interpretación semiótica de dicha percepción.

Todo objeto semiótico participa en algo, también, de la calidad de semiosis sustituyente, aún en su mero carácter (ontológico) de objeto semiótico, ninguna entidad se situaría en “el grado cero” de alguna semiótica. Esto quiere decir que ningún objeto puede ser considerado como total y terminantemente hecho o construido en cuanto resultado final de alguna interpretación semiótica, ni puede ser considerado sin potencia alguna para semiotizar a algo que ya no es él mismo, sino otro al que tal objeto se refiere o representa. Es decir, conservaría siempre la potencia para estar remitiendo a algo distinto de sí mismo. Al estar ubicado en algún lugar para ser visto por alguien, está puesto para comunicar algo más que su mera presencia. Esta comunicación se concreta al percibirlos, al circular entre ellos, al interactuar con ellos o al utilizarlos.

Existen “puestas en escena” explícitas de objetos (por ej. museos, colecciones, etc.) y de comportamientos (funciones de teatro, espectáculos deportivos, etc.) que son socialmente exhibidos para ser vistos. Todas ellas son propuestas perceptuales que pueden ser explicados a partir de una reflexión desde la semiótica indicial.

Una situación empírica concreta, como puede ser la puesta en escena de la simulación en una clase de Física, construida según determinadas relaciones espaciales para presentar un objeto es vista como un mundo semiótico posible que puede ser estudiado desde la semiótica indicial.

Las relaciones de la puesta en escena están destinadas a proponer una determinada visualización de dicho objeto, otras a ponerlo en relación con un universo de conceptos e imágenes textuales de las que provendrá la información necesaria para su semantización y otras a vincularlo con un universo de comportamientos tendientes a construir la dimensión pragmática. En todos los casos ese conjunto de relaciones espaciales implica una propuesta de ideologización del objeto, según las determinaciones con las que se pretende controlar u orientar la capacidad interpretativa e interactiva, como es el caso de las simulaciones, del sujeto que va a enfrentarse con el objeto.

Otro de los mundos semióticos posibles, es aquel constituido por un conjunto de posibilidades **interpretativas** predeterminadas, según el cual cada sujeto se ubica en presencia del objeto para configurar una situación empírica imaginaria, construida según determinadas relaciones espaciales, en las que el sujeto está dispuesto a situar al objeto. En el caso de las herramientas interactivas o simulaciones, que se utilicen en el aula, las relaciones antes mencionadas serán las decididas por el docente para la presentación y utilización de la misma. El sujeto se enfrenta a las simulaciones y las situará como objeto según su condición de alumno (estar en el aula de clase, en la escuela tal), sus modelos de interacción con herramientas digitales previos, los conocimientos previos sobre el tema o contenidos escolar que la simulación presenta.

Algunas de estas relaciones espaciales pueden recaer sobre el mismo objeto y están destinadas a establecer las características que el alumno puede aceptar como adecuadas para la visualización de dicho objeto, otras a poner a este objeto en relación con el universo de conceptos e imágenes mnemónicas de las que proviene, al tiempo de la puesta del alumno ante el objeto, la información necesaria para la semantización que ese alumno puede conferirle (qué sabe de simulaciones y del fenómeno que se está representando). Y otras relaciones espaciales que vincularán al objeto, en el imaginario del alumno, con un universo de comportamientos tendientes a la construcción de la dimensión *pragmática* que hará el alumno con ella. En cualquier caso, ese conjunto de relaciones espaciales implica un reconocimiento del objeto, según

determinaciones desde las cuales el alumno estará o no dispuesto y en condiciones de aceptar la propuesta ideologizadora del docente.

En su forma más elemental, los *Mundos Semióticos Posibles*, sean los del docente, diseñador o alumno, están constituidos por las posibilidades dialécticas y eventualmente contradictorias de visualización, semantización y utilización pragmática aplicables al objeto. Estas tres dimensiones son los ámbitos en los que se juega la posibilidad de *intercambio comunicativo* entre el docente/diseñador y los alumnos. Se materializan en la forma de exhibición del objeto, los textos, gráficos y audiovisuales a los que se los asocia y las actividades pedagógicas que se programan como experiencia kinésica con el objeto o con sus réplicas (simulaciones) o sus componentes o sus resultados.

3.4.3 La interacción digital y la semiótica

En algunos trabajos de investigación se considera a la Interacción hombre-computadora (HCI) como un proceso semiótico, la investigación puede focalizar sobre el juego ambiguo de sentido, producción e interpretación que involucra a diseñadores y usuarios.

En parte, la investigación en HCI se ha enriquecido con los aportes del campo de la semiótica, para la comprensión y diseño sistemas informáticos como sistemas de símbolos. Por ejemplo, la perspectiva de la programación es considerada un proceso de creación de signos y la situación de interacción del usuario como el contexto de interpretación (Scolari, 2006).

La semiótica ha estudiado diferentes tipos de texto, incluyendo a las interfaces de los dispositivos interactivos y puede ser útil para identificar elementos no convencionales o secuencias de diseño equivocadas que puedan transformarse en ayudas para mejorar la experiencia interactiva.

Entre los estudios más destacados en esta línea se pueden destacar: la sociosemiótica de las interacciones digitales (Scolari, 2004), “el sentido de la interfaz” (Scolari, 2009); estudio de las competencias mediacionales (Chan, 2004), Modelo mediacional para el diseño educativo en entornos tecnológicos (Chan, 2005), estudio de la comunicación diseñador-usuario (De Souza, 2010);

Semiótica de la imagen visual (Magariños de Morentín, 2001; Godino, Recio, Roa, et al., 2005)

Otros autores han buscado caracterizar al usuario final como programador. Una actividad de diseño esencialmente lingüística donde el usuario final se vuelve diseñador de las extensiones de una aplicación dada (de Souza, Barbosa & Silva, 2001; de Souza, Barbosa & Prates, 2001; de Souza, 1993, 2005).

De manera similar la Ingeniería Semiótica considera a los sistemas interactivos como dispositivos que proponen un intercambio entre diseñador y usuario. En el marco de la Ingeniería Semiótica (de Souza, Leitão, Prates, et al., 2010, de Souza y Leitão, 2008), la interacción hombre-máquina es considerada un caso especial de comunicación humana mediada por computadora. La interfaz de un sistema es un mensaje enviado del diseñador al usuario acerca de su visión de cómo el producto reúne las necesidades del usuario y los beneficios y valores que puede brindarle. El mensaje se va desarrollando a medida que se interactúa con la herramienta y es, a través de la interacción, que el mensaje le revela al usuario todos los principios interactivos que deben ser usados para comunicarse con el sistema. Esta idea es definida como *comunicabilidad* e involucra un proceso de metacomunicación, es decir, comunicación acerca de la comunicación. Los usuarios perciben del sistema aquello que los diseñadores de la herramienta han plasmado, incluyendo los modelos de procesos comunicativos entre el usuario y el sistema. Estos modelos hacen referencia a las relaciones espaciales de la puesta en escena del objeto que se presenta.

Requiere de signos con raíces en este fenómeno semiótico específico. Las clases de signos que considera la Ingeniería Semiótica ayudan al investigador a analizar la naturaleza, la estructura, los procesos, los efectos, y las condiciones de una comunicación humana mediada por computadora. En esta comunicación el diseñador se comunica con el usuario a través de varios mensajes. Se utilizan entonces tres clases diferentes de signos: *signos estáticos*, *signos dinámicos* y *signos metalingüísticos*. La clasificación se refiere a la condición interactiva que expresa la representación del signo y su estructura significante. Los signos estáticos son aquellos cuya representación es inmóvil y persiste cuando la interacción ocurre. Estas representaciones

pueden ser percibidas en una instantánea de la interface del sistema antes de que ocurra la interacción. Los signos dinámicos son aquellos cuya representación se desarrolla y se transforma en respuesta a un cambio interactivo. Sólo pueden actualizarse en el tiempo. Y por último los signos metalingüísticos dependen de la separación entre dos niveles de representación: uno donde se realiza la acción (por ej. alguna información que aparezca mientras se está interactuando) y otros donde se provee información, instrucciones, descripciones o explicaciones sobre la acción (por ej. accionando una tecla para ver el sistema de ayuda)

Para Scolari (2006) esta perspectiva semiótica, desarrollada en la década del 90, es una concepción lineal de los intercambios Humano-computadora anclada en la teoría de la producción de signos y códigos. No considera el cambio de paradigma que se desarrollara más adelante en la teoría de la interpretación basada en un conjunto de movimientos epistemológicos que fueron: del código a la enciclopedia del signo al texto y de la decodificación a la interpretación (Eco, 1990). No se incluyen, por ejemplo, la cooperación del usuario (principal concepto de Eco cuando analiza los procesos de interpretación) en la construcción del significado de la interface o el conflicto entre las estrategias de diseñadores y usuarios.

Scolari (2004) hace referencia a otros objetos que han sido estudiados como la arquitectura de la información y los hipertextos (Bettetini, Gasparini y Vittadini, 1999), y la visualización de la información (Bertin, 1983) que han encontrado en los modelos y conceptos semióticos las bases para consolidar sus construcciones teóricas. Asimismo destaca que la investigación semiótica ha sido útil para comprender los procesos de significación de los niños para el diseño de elementos en Internet (Melo & Baranauskas, 2003), así como para mejorar las evaluaciones del poder expresivo en los sistemas de información geográfica (Bolognesi Prado, Calani Baranauskas y Medeiros, 2000).

En los últimos años la semiótica se ha orientado al análisis de los medios digitales, a la evolución de la interfaz y la interacción (Scolari, 2004; Del Villar y Scolari, 2004; Cosenza, 2004). Scolari (2004) propone tres líneas de estudio a los que la semiótica podría ayudar: clasificación de interfaces, explicación de estados de ánimo y en el análisis de procesos narrativos (o de significación).

Scolari (2006) reconoce que la investigación cuantitativa no es suficiente para comprender los procesos de HCI y para dar todas las respuestas a cuestiones de usabilidad y posturas de interacción digital. Con este tipo de metodologías, en las que se miden el número de clics, el recorrido por la interface y el resultado, se involucran variables como *rápido*, *lento*, *lejos*, *cerrado*, etc., se dejan afuera otras dimensiones de los procesos de interacción que forman parte del desarrollo de la *experiencia comunicativa* (inmersión, satisfacción, alegría, encantamiento, ansiedad, etc.) mientras que la investigación cualitativa puede contribuir a focalizar sobre los temas culturales o los procesos de interpretación de las interfaces.

También propone (op. cit.) estudiar las mediaciones generadas por los intercambios entre sujetos y entre éstos con los artefactos digitales a partir de una aproximación narrativa, que permita entender cómo y porqué mientras se interactúa con una aplicación informática siguiendo algún objetivo se crea sentido. Se refiere a la manipulación de objetos virtuales que realiza el usuario de un software y cómo estos se van modificando para alcanzar el objetivo. Ve a este proceso como una sucesión de estados y transformaciones que al finalizar han incrementado la experiencia interactiva del usuario.

El espacio de interacción y su abordaje semiótico

El espacio de interacción se puede definir mediante los modos de intercambios que ocurren durante una secuencia de interacción con una herramienta informática en el aula, asumiendo que estas acciones movilizan en los alumnos competencias y conocimientos previos, así como formas de expresión y procesos de transformación semiótica. La presencia de lo virtual en estos espacios genera una dimensión intersubjetiva muy interesante para su estudio desde la perspectiva semiótica porque permitiría analizar nuevas dimensiones propias de los signos digitales.

El proceso de significación y la virtualización del fenómeno que se materializa en los objetos reconocibles en las simulaciones (herramientas interactivas) hablan de un mundo externo objetivado. Esto supone una visión pragmática de la significación en la que no sólo cuentan las interacciones a través de los

distintos lenguajes, sino las prácticas de referencia y las acciones. Es aquí donde el concepto de signo propuesto por Peirce le permite al investigador explicar la relación que se establece por un lado con el objeto y también con el sujeto para quien es signo de algo. La inclusión del interpretante en la propia estructura del signo es uno de los rasgos fundamentales de la teoría de Peirce (Magariños de Morentín, 2007).

El proceso de creación de simulaciones para el aprendizaje supone la construcción de una realidad objetivada, en la que la virtualización del fenómeno sólo se concreta en el contexto de acción. Al interactuar con la simulación los alumnos se enfrentan a un sistema al que deben comprender tanto en la funcionalidad como en las restricciones en pos del logro de sus objetivos.

En estos entornos, los objetos y las interacciones se dan a través de construcciones textuales, y es por el lenguaje que las cosas adquieren presencia, que los problemas se nombran y se entienden; y esto incluye a todos los lenguajes que se utilizan para representar digitalmente las ideas (Chan, 2004).

Como sugiere Chan (2004), el modelo semiótico triádico de Peirce aplicado a la consideración de las relaciones de los sujetos con los objetos en entornos de aprendizaje digitales, puede ser valioso para el estudio de las dinámicas de significación. El modelo supone el modo de planteamiento de los insumos o constitutivos del entorno, pero sobre todo la previsión de interpretaciones dinámicas, de modo que el modelo permitiría reconocer nuevos objetos o componentes y las trayectorias seguidas por el significado individual y colectivo.

Claves para un análisis semiótico

Algunas ideas claves que sugiere Magariños de Morentín para realizar un análisis semiótico, basándose en propuesta metodológica de Foucault en su “Arqueología del saber” (1970), son:

- Al producir **discursos** se proyectan o construyen las entidades (objetos, conceptos, fenómenos sociales) de las que se habla. Cómo se las enuncia o representa induce a cómo se las interpreta o identifica.
- El significado que se construye de una entidad ocurre a partir de la materialización textual del discurso que las representa o interpreta. Esto implica que cuando se investiga no tiene sentido leer "entre líneas", ni tampoco interpretar lo que se estudia con los conceptos que el intérprete ya tiene elaborados, sino tratar de recuperar aquellos aplicados por el productor de los textos correspondientes. El investigador tiene que explicar por qué entiende lo que entiende. Lo antes dicho está en concordancia con uno de los principales axiomas de la metodología semiótica que sostiene que no hay semántica sin sintaxis.
- Lo que no está dicho en un texto pero que es percibido o leído "entre líneas" por el intérprete, tiene que ser identificado por el analista-investigador quine tiene que ponerlo a consideración del lector, de lo contrario no puede utilizarlo para explicar por qué el texto en estudio atribuye determinada significación a un fenómeno social.
- Establecer la significación de un fenómeno social consiste en mostrar la dispersión de interpretaciones que recibe un mismo fenómeno cuando se lo construye a partir de un conjunto de discursos. El significado de "algo" equivale al conjunto de las interpretaciones explícitas y vigentes materializadas en los discursos con los que se representa a ese "algo".

Todo lo anterior implica una actitud objetivamente relativista, en cuanto se está afirmando que no existe un significado único y verdadero que sea el propósito de la búsqueda a través de la investigación. El significado recuperado y explicado, mediante el análisis del correspondiente discurso social es el que está vigente en una sociedad (o grupo social) y en un momento de la historia de esa sociedad. Esto es: no hay significado verdadero de un fenómeno social, sino sólo significado vigente en ese momento en esa sociedad.

La racionalidad del discurso analítico mediante el cual se identifica el proceso de explicación del significado equivale a mostrar cada paso que conduce de una proposición a la siguiente y así hasta la última conclusión. Esto da cuenta

del proceso de transformación de cada instancia de su propio desarrollo y permite comprobar la validez de la transformación operada.

Cómo analizar los procesos interactivos

En primer lugar se definen los criterios para identificar las relaciones de un término con los restantes términos del contexto. Estos criterios tienen que ser objetivos de manera que cualquier investigador que utilice dicha operación alcance los mismos resultados cuando las aplique al mismo corpus de datos.

Una vez cumplida esa etapa de identificación de relaciones, se deberán clasificar y agrupar sus variantes de modo que pueda asegurar que cada uno de los conjuntos resultantes provenga de asociar aquellas relaciones identificadas en las que se actualice la misma regla de integración contextual.

En general, en los estudios semióticos, el corpus se toma preferentemente de situaciones comunicativas.

El contexto, es el conjunto de signos existentes, que aparecen asociados a un objeto existente según las reglas de integración de la semiosis a la que pertenecen. Sólo se tomarán en cuenta los signos que pertenecen a la misma semiosis que el signo cuyo contexto se estudia. Si no pertenece a la misma semiosis, suele hablarse de “co-texto”, por ejemplo los gestos que acompañan a las palabras.

El contexto es el instrumento natural de toda semiosis, mediante el cual cada signo adquiere el sentido que le confieren los restantes signos del contexto en el que aparece incluido. Todo contexto siempre lo es de algún signo determinado, efectivamente existente, o sea, todo contexto es siempre un fenómeno material y no virtual.

Según Magariños de Morentín no se puede hablar de contextos abstractos, no se puede decir que un sistema cultural o las reglas de una gramática o las ideas políticas vigentes en un momento dado, sean contextos de “algo” o que “algo” adquiera sentido en el contexto de un sistema.

El término “contexto”, consiste en decir que “algo” aparece en el interior de un discurso concreto, o de una propuesta visual, o de un comportamiento individual o colectivo, pero, en todos los casos, existente en el tiempo y en el espacio (todo lo cual, por supuesto, proviene de la actualización existencial de las posibilidades virtuales de un sistema).

Lo antes presentado descansa en el supuesto de que el signo tiene dos niveles (o dos ámbitos) de existencia posibles: una existencia abstracta o virtual en un sistema (o paradigma o formación discursiva), donde el signo se encuentra disponible como el registro o archivo del conjunto de posibilidades que en algún momento han sido existencialmente realizadas; y una existencia concreta o efectiva en un contexto o enunciado, a la que Peirce denomina “*réplica*” del signo en cuanto instancia de su aplicación (Peirce, 1965, 2.246), ya que el signo siempre actúa a través de su réplica (2.249). En esta instancia el signo en la medida que es interpretado va modificando su significado.

A continuación se describen cuáles serán las operaciones que se van a realizar para identificar las relaciones que resulten de las construcciones semióticas, de manera que puedan no sólo ser identificadas sino también comparadas con otras.

- Análisis de la interfaz utilizando algunos elementos de la Ing. Semiótica para conocer el mensaje del diseñador de las simulaciones.
- Estudiar la significación. A partir del seguimiento de los procesos semióticos se espera conocer cómo se fue desarrollando el proceso de significación, cuál fue su dinámica e identificar cómo este proceso evoluciona en las distintas dimensiones de interacción. Se tomarán de la teoría de Peirce los siguientes elementos: relación triádica (Primeridad, segundiad y terceridad) para comprender la situación y su significación, el proceso de significación o semiosis (cadenas de significados) de los distintos objetos para conocer la dinámica de interacción y determinar el significado de las simulaciones según los hábitos que comporta.
- Con la aproximación narrativa (Scolari, 2006) se puede describir el proceso antes identificado de manera que pueda conocerse la dinámica de significación de todo el proceso.

Como se mencionara en el capítulo anterior, el diseño de herramientas interactivas para el aula involucra competencias semióticas del diseñador, quien busca comunicarse con el usuario a través de la interfaz y su funcionalidad. Por otro lado, también el alumno activa competencias perceptivas e interpretativas durante la interacción con tales herramientas. De este modo la inclusión de una herramienta interactiva en el aula constituye una nueva realidad para docentes y alumnos quienes pertenecen a mundos semióticos diferentes. Así, el contexto comunicativo, que incluye al interactivo, se constituye en un espacio de indagación complejo cuya dinámica de significación busca ser abordada en esta tesis con el objeto de comprender el fenómeno particular en el que se decide incluir a la tecnología en el aula.

3.6 A modo de cierre. Cómo estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por simulaciones

Para conocer de qué manera las TIC transforman los procesos de enseñanza y aprendizaje y avanzar en la construcción de un marco teórico es necesario considerar diferentes perspectivas y niveles de análisis. Proponemos estudiar los procesos interactivos que ocurren durante la construcción de conocimiento con simulaciones computacionales en ambientes colaborativos, formados por alumnos y docentes de clases de Física de nivel medio, desde un enfoque cognitivo, social y semiótico. Resulta esencial para el estudio de estos procesos la comprensión de las características específicas del discurso en el aula y las estrategias que se emplean cuando se co-construye conocimiento sobre algún contenido escolar (Coll y Sánchez, 2008).

En un estudio previo (Miranda, 2010), se presentan dos ejemplos que aspiran a contribuir empíricamente y aportar herramientas de análisis a la conformación de un marco teórico que consolide el abordaje de las interacciones. El primer ejemplo presenta un estudio centrado en las relaciones semióticas que establecen los diseñadores al crear una simulación, cómo pueden interpretarse los códigos que generan y su relación con los discursos de los alumnos, desde la semiótica peirceana. En el segundo se busca relacionar la lógica del docente que selecciona una simulación con la del alumno que interactúa con ella.

En esta tesis, se definen los elementos conceptuales y metodológicos que permiten estudiar el proceso desde la perspectiva de los estudiantes sin dejar de considerar las implicancias de todos los sistemas que colaboran en la construcción de conocimiento cuando se utilizan simulaciones computacionales en el aula de Cs. Naturales.

CAPÍTULO 4

Diseño de la investigación

El estudio de las interacciones digitales busca conjugar los elementos de los distintos enfoques disciplinarios desde donde pueden estudiarse los procesos de enseñanza y aprendizaje con tecnología (PEACT), vistos como espacios de relaciones complejos. Es así que el objeto de investigación se sitúa en el campo de la Tecnología Educativa que recupera aspectos de otras disciplinas como la Epistemología, la Educación Tecnológica, la Comunicación, la Pedagogía y la Didáctica.

Dada la particular situación actual del aula de Cs. Naturales, con presencia de la PC nos interesa conocer los modos de interactuar de los alumnos en situaciones donde las aplicaciones digitales son mediadoras de los aprendizajes.

A efectos de comprender la práctica educativa como contexto situado se decidió estudiar lo que dicen y hacen alumnos y profesores mientras abordan los contenidos de aprendizaje en el aula, dado que son los sujetos que participan de las actividades. Se ha considerado que las acciones de los sujetos (estudiantes, docente), la secuencia de operaciones ejecutadas en la pantalla y los discursos que se construyen posibilitan conocer los ejes que orientan el proceso interactivo en situación de actividad conjunta.

Se propone un abordaje semiótico para estudiar los mecanismos interactivos que relacionan la actividad conjunta y las acciones. El mismo hace foco en un estudio empírico de carácter observacional e interpretativo, con el objeto de estudiar los procesos interactivos que se construyen en el contexto particular del aula de ciencia de nivel medio durante el desarrollo de una temática.

La propuesta, de tipo naturalista interpretativo, emplea algunas estrategias de los estudios etnográficos²⁵ como: la observación, el registro de notas de

²⁵ Rama de la antropología vinculada a la descripción de los grupos étnicos. Se considera a la descripción como un determinado nivel de construcción de conocimientos mediada por determinadas orientaciones conceptuales que jerarquizan algunos aspectos sobre otros. Achilli

campo, entrevistas a los sujetos involucrados, registro de las situaciones y captura de las acciones en pantalla (video y audio).

Se realiza un análisis cualitativo de los datos donde se privilegian procedimientos inferenciales para construir categorías. Este análisis, que es presentado en forma completa en los capítulos 5 y 6, propone una aproximación espiralada a los registros cada vez más profunda. Tal como lo plantea Achilli (2006, pp. 51), el acceso a la información se dialectiza con el proceso de análisis interpretativo generando sucesivas anticipaciones hipotéticas orientadoras de nuevas búsquedas integrando cada vez más detalles. El análisis es entendido como desmenuzamiento, problematización y ampliación de la información en la medida que se requiera para chequear y ampliar alguna anticipación hipotética. El análisis interpretativo considera la vinculación con aspectos conceptuales más generales y la comprensión del significado que producen los sujetos.

El proceso interactivo es abordado en tres niveles de complejidad creciente. En el primero se propone obtener una visión integral del proceso interactivo para evaluar cambios de la acción (perturbaciones), los segmentos de interacción (episodios), el recorrido hipertextual (navegación) y la evolución del SA (Mapa de Acciones).

En el segundo nivel se estudian las particularidades de las interacciones: social (IS), digital (ID) y con el contenido (IC). En el análisis de la dimensión IS la *Intervención Docente* es considerada un tipo de influencia educativa que focaliza en la distribución temporal, origen, foco de las mismas, el control y la regulación y la efectividad de la mediación para conocer los andamiajes que puedan generarse. También se consideran en esta dimensión los procesos de colaboración en la gestión y resolución de la tarea. En el análisis de la dimensión ID se consideran las características de los artefactos que se utilizan, se determinan las secuencias de interacción que constituyen las diferentes narrativas que se generan y se estudian los obstáculos en la interacción que determinan el significado que se le atribuye a la tarea. Y en el análisis de la

(2006) considera a la etnografía como un enfoque socio-antropológico sustentado tanto en fundamentos teóricos epistemológicos acerca del mundo social –socioeducativo- como en consideraciones metodológicas vinculadas a un modo relacional de construir conocimiento (documentación de lo no documentado, conocimiento local, conocimiento de la cotidaneidad).

dimensión IC se definen a partir de la historia de los conceptos la dinámica de significación construida. Se identifican los interpretantes que se ponen en juego, el nivel de significación alcanzado durante el proceso y la influencia de la tecnología en esta dinámica.

Por último en el tercer nivel se recupera el sistema como un todo. Se ponen en relación las tres dimensiones de interacción con el objeto de comprender la dinámica del proceso y reconstruir la actividad realizada.

4.1 Categorías conceptuales e hipótesis de trabajo

En este apartado se recuperan los principales referentes conceptuales y las consecuentes hipótesis de trabajo que orientan esta investigación, que nos han permitido delimitar la problemática y hacer inteligible las relaciones que la constituyen.

Desde los enfoques socioculturales de la cognición, que centran su interés en la dinámica interactiva de co-construcción de conocimiento entre profesor y alumno, nuestra hipótesis general de trabajo es:

“La utilización de simulaciones en clases de ciencia puede enriquecer los procesos de aprendizaje porque proporcionan a los alumnos oportunidades para comprender los fenómenos y las leyes físicas presentadas, aislar y manipular parámetros y variables asociadas a conceptos muchas veces abstractos y emplear variadas representaciones”

Dado que en el marco de la teoría sociocultural, se considera que una situación de interacción produce desarrollo o aprendizaje ésta debe ocurrir o situarse en la ZDP de quien aprende. Es decir, “la enseñanza debe operar sobre los niveles superiores de la ZDP, esto es, sobre aquellos logros del desarrollo todavía en adquisición y sólo desplegado en colaboración con otros” Baquero (1996).

Los estudios sobre andamiaje permiten sostener que las acciones de influencia que realiza el docente necesitan regularse según el desempeño de los estudiantes; es decir, cuanta mayor dificultad se le presente al estudiante más

ayuda necesitará del docente. Esta actuación del docente parece ser un elemento decisivo en la adquisición y construcción del conocimiento. En la actualidad, se reconoce que el proceso de andamiaje no sólo se establece entre profesor y alumno, o padre e hijo; sino también entre iguales, dando lugar a la construcción de una ZDP como fenómeno colectivo (Engeström, 1987; Baquero, 2009a y 2009b).

Siguiendo con este referente conceptual se han definido, para esta investigación, las siguientes hipótesis:

- *Las simulaciones se constituyen en andamios para el estudiante.*
- *Las intervenciones docentes pueden cumplir el rol de andamios.*
- *El trabajo entre pares con mediación tecnológica favorece la explicitación de razonamientos que pueden convertirse en andamios.*

Consideramos a la tecnología como herramienta cultural que los individuos reinterpretan a medida que interactúan con ellas. Una opción para comprender este proceso se encuentra en el enfoque de génesis instrumental de Rabardel. El mismo, centrado en la integración de los objetos en la estructura de las actividades humanas, proporciona una descripción elaborada para el estudio de la integración conceptual de las herramientas tecnológicas.

Por otro lado, se considera que toda situación de acción educativa está contextualizada como un mundo social en relación con las personas actuantes. El contexto se caracteriza por ser flexible y cambiante al igual que las actividades. La actividad situada genera cambios en el conocimiento y en la acción que determinan la evolución en los procesos de aprendizaje de sus participantes. Esto nos lleva a introducir otro supuesto: que el conocimiento y el aprendizaje se encuentran distribuidos a lo largo de la compleja estructura de la actuación de las personas en diversos ambientes. En palabras de Chaiklin y Lave (2001), las cogniciones no se pueden individualizar en la cabeza de las personas ni en las tareas asignadas ni en las herramientas externas ni en el medio, sino que residen en las relaciones entre ellos. El conocimiento está en un estado de cambio permanente y transcurre dentro de los sistemas de actividades que se desarrollan en lo social, cultural e histórico. En el contexto del aula estos sistemas involucran a docentes y alumnos que se vinculan de

maneras múltiples y heterogéneas. Sus intereses, motivos y posibilidades son diferentes, ellos actúan según el sentido que atribuyen a la tarea.

Esto nos lleva a plantear la siguiente hipótesis:

- *Lo que hacen los estudiantes al interactuar con una simulación está condicionado por los esquemas de uso de herramientas digitales, la tarea propuesta y las posibilidades y limitaciones de las herramientas.*

El proceso de construcción de conocimiento con tecnologías informáticas y las implicaciones de las interacciones entre los sujetos y los objetos de conocimiento mediatizados puede describirse desde la semiótica de Peirce (Scolari, 2004; Magariños, 1983; Marafioti, 2004; Zecchetto, 2005). Así podemos formular la siguiente hipótesis:

- *El lenguaje digital, que involucra la manera en que los objetos se presentan en la pantalla y la manipulación directa de ellos, enriquece los procesos de significación.*

Finalmente, si consideramos que los sujetos que participan del proceso (estudiantes, docente y el diseñador que de manera indirecta se comunica con los estudiantes a través del mensaje que propone en la simulación) pertenecen a mundos semióticos diferentes y que la construcción compartida implica la negociación de significados, vamos a suponer que:

- *El grado de comunicación alcanzado durante la actividad dependerá del conjunto de significados compartidos que puedan establecerse.*

El cuerpo conceptual antes descripto posibilita la construcción del entramado relacional que constituye el objeto de esta investigación.

4.2 Enfoque metodológico de la investigación

Como se menciona al comienzo de este capítulo y recuperando las palabras de Achilli (2006), la elección de una aproximación socio-antropológica para estudiar lo que ocurre en el aula, dando existencia teórica a lo obvio, a lo oculto o a lo desconocido y la posibilidad de recuperar al sujeto de las acciones socio-educativas puede ayudar a docentes y alumnos a conocer cómo son los procesos interactivos que se construyen en el aula cuando se emplean

simulaciones computacionales. También puede colaborar en el diseño de herramientas interactivas para el aula.

Antes de presentar los detalles de diseño en esta investigación se muestran los resultados de la revisión realizada para recuperar las tradiciones metodológicas en el estudio de situaciones de enseñanza y aprendizaje en los que se utilizan aplicaciones computacionales.

4.2.1 Los diseños más usuales para estudiar la mediación tecnológica en el aula de ciencias naturales

En los últimos años ha aumentado el interés por el estudio de la mediación tecnológica en los procesos educativos de todos los niveles de enseñanza. En un trabajo de revisión²⁶ que hemos realizado, se comunican las características encontradas en las investigaciones actuales sobre ambientes de aprendizaje que integran las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la clase de Ciencia. Los resultados muestran que la mayoría de los trabajos analizados estudian los aspectos asociados con la efectividad didáctica del uso de las TIC y sólo unos pocos hacen referencia a los procesos interactivos que emergen de actividades de aprendizaje.

Se revisaron y describieron los diferentes trabajos seleccionados con el propósito de identificar tendencias en las investigaciones sobre ambientes de aprendizaje que integren a las TIC en la clase de Cs. Naturales. En cada trabajo se analizó cómo los autores estudiaban tal integración, el impacto sobre el aprendizaje y cuáles eran las características de los procesos interactivos que se destacaban. A continuación se listan los resultados más relevantes.

Las preguntas de investigación atienden fundamentalmente a dos intereses, por un lado conocer los resultados de la eficiencia con la que se utiliza una determinada herramienta y, por otro, las elecciones o decisiones que deberían tomarse en un campo de conocimiento específico. En muchos casos se estudian las diferencias en los resultados de aprendizaje al variar estrategias;

²⁶ (Miranda, Santos y Stipcich, 2010). Artículo publicado en la *Revista Electrónica de Investigación Educativa* (REDIE) que presenta una revisión sobre las características de investigaciones que estudian la integración de las TIC en la clase de Ciencia. <http://redie.uabc.mx/vol12no2/contenido-mirandasantos.htm>

generalmente a partir de encuestas que ponderan las opiniones de los sujetos involucrados. También son numerosas las investigaciones que indagan cuáles son las decisiones, elecciones y criterios que considera el docente al utilizar herramientas interactivas en el aula y cómo sus estrategias se adaptan a los recursos cognitivos y estructurales disponibles.

Los principios que mayormente son considerados en el campo de las teorías de aprendizaje y que constituyen la base para la elección de la estrategia son aquellos de corte constructivistas.

En relación a los principios acerca de las herramientas interactivas puede decirse que en su mayoría son considerados aquellos que resaltan las potencialidades de estas (Hennessy y O'Shea, 1993, citado por Hennessy, Wishart, Whitelock, et al., 2007; Özmen, 2008; Malamed, 1991, citado por Cronjé y Fouche, 2008; Trey y Khan, 2008; Sun, Lin y Yu, 2008)

En relación con las herramientas cognitivas se consideran los principios que sustentan el uso de herramientas interactivas, asignándoles el carácter de herramientas cognitivas como fueran definidas por Jonassen y Carr (1998) (Hennessy y O'Shea, 1993 y Newton y Rogers, 2003, citados por Hennessy, Wishart, Whitelock, et al., 2007; Özmen, 2008; Cronjé y Fouche, 2008; Araujo, Veit y Moreira, 2008; Trey y Khan, 2008; Sun, Lin y Yu, 2008).

Otro de los aspectos identificados en la revisión considera las estrategias de enseñanza, estas agrupan afirmaciones que relacionan el uso de herramientas interactivas con las estrategias docentes (Özmen, 2008; Newton & Rogers, 2003 y Baggott la Velle, McFarlane y Brawn, 2003, citados por Hennessy, Wishart, Whitelock, et al., 2007.

En relación con los aspectos metodológicos de los trabajos revisados han empleado alguno de los siguientes diseños: Experimentales, Descriptivos o Exploratorios. Para recolectar información se emplean variedad de instrumentos como los tradicionales cuestionarios, las entrevistas personales, notas de campo hasta grabaciones de audio, vídeo y otros registros propios de determinado software que automáticamente almacenan información de los procesos interactivos, por ejemplo, los caminos de navegación o las diferentes instancias en la ejecución de una simulación. En general los análisis son de

tipo descriptivo o interpretativo; y en menor medida consideran un análisis explicativo.

Las afirmaciones más frecuentemente marcan el potencial de la tecnología como soporte del pensamiento de los alumnos y las ventajas que ofrecen para el aprendizaje de las distintas disciplinas, cuando son introducidas en el aula. Sin embargo casi no se encuentran afirmaciones o hallazgos que den cuenta de desventajas u obstáculos que podrían entorpecer los aprendizajes, sólo en algunos casos se menciona que los mejores logros dependen de ciertas acciones por parte de los agentes que interactúan.

Se pone especial énfasis en el rol del docente para llevar adelante la incorporación de las TIC a las clases. En este sentido, una tendencia que parece cobrar consenso es la de diseñar estudios que puedan contemplar las diferentes facetas a tener en cuenta (curricular, tecnológica, contextual, pedagógica) para integrar las TIC a la enseñanza, particularmente desde el rol del docente como pieza clave para lograr imponer ciertos cambios.

En relación a cómo la integración de las TIC impacta sobre el aprendizaje se identificó que la mayoría lo asocia a la eficacia con que se emplea una herramienta y a cómo deberían ser las decisiones que se toman cuando se incorporan tecnologías a las clases. Las tendencias identificadas dan cuenta de que los estudios se ocupan de variar estrategias didácticas y contrastar el empleo de las mismas a partir de la propia opinión de quienes han participado en el proceso. El carácter subjetivo de lo que se conoce deja entrever que es necesario se consideren estudios que profundicen en el devenir de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Finalmente, se identifican principios teóricos que podrían permitir estudiar los diferentes procesos interactivos que acontecen en las clases aunque no encuentran éstos un correlato en las preguntas de investigación ni en las afirmaciones de valor. Esta tendencia da cuenta de la escasez de trabajos que estudian los aspectos que se conciben en el espacio compartido generado durante el proceso interactivo. Este tipo de investigación de carácter sistémico permite estudiar los procesos a medida que se resuelve una determinada actividad, qué acciones se realizan y porqué se dejan de lado otras.

4.2.2 Esta investigación

A fin de llevar a cabo el objetivo:

“Estudiar los procesos interactivos que se construyen en el aula cuando se emplean simulaciones computacionales”

Se propone un estudio instrumental de casos (Stake, 2007). En este estudio el o los casos son secundarios, juegan un papel de apoyo que facilita la comprensión del tema que es objeto de estudio. Se toma un caso particular al que se conoce en profundidad. Para seleccionarlos se buscan aquellos que más información ofrezca en relación con el objeto de estudio. Así, cada caso se constituye en un medio por el cual se puede acceder a las particularidades de los PEACT.

La selección de los casos considera el contexto de una clase de Física en la que se utilizan específicamente simulaciones computacionales. Este contexto constituye un espacio de interacción complejo en el que coexisten una variedad de aspectos que condicionan o determinan tales interacciones como puede ser el carácter abstracto y la generalización de la manipulación de símbolos, los modelos involucrados, los actores que participan, la actividad o tarea, la motivación, etc.

Se consideró que dada la gran cantidad de simulaciones disponibles en la Web sobre distintos fenómenos físicos sería probable que los profesores de secundaria la utilicen en sus clases y siendo la enseñanza de la Física una de las disciplinas en las que se trabaja en el grupo de investigación al que pertenezco se optó por identificar clases de Física de secundaria donde sus profesores utilicen las TIC.

4.3 Delimitación y definición de los casos: las situaciones de observación

Como se anticipara en el apartado anterior, el criterio seguido para determinar los casos fue el de seleccionar aulas de Física en las que se utilizaran simulaciones computacionales. Mi experiencia como profesora del Profesorado de Informática y el disponer de acceso a las instituciones educativas a nivel local me permitió identificar aquellas que incorporan la tecnología a las clases de ciencia. Se realizaron entrevistas informales con algunos docentes de Cs.

Naturales (se describen en el siguiente apartado) para seleccionar cursos, privilegiando aspectos tales como: la disponibilidad del docente para llevar adelante un trabajo conjunto, la experiencia en el abordaje del tema, el vínculo de una relación docente-alumno distendida, la experiencia de los estudiantes en el empleo de TIC para aprender Física, la motivación que el uso de TIC despierta en esos alumnos, etc. Estas características son destacadas como fundamentales en los estudios sobre la integración de las TIC al aula.

4.3.1 Entrevistas informales para definir la población

Para acceder a la nómina de los docentes de Física de la comunidad educativa de la ciudad de Tandil se entrevistó a los profesores a cargo de la materia Prácticas de Física de la UNCPBA. Tratándose de una comunidad reducida, la información que los docentes a cargo de prácticas disponen abarca tanto a los docentes formados (o en ejercicio) como a los docentes en formación.

Los profesores de Prácticas docentes de Física aportaron, la nómina de docentes e información respecto a la disponibilidad usual de docentes e instituciones donde trabajan. También ofrecieron un listado de los docentes que han manifestado su interés por vincularse con aportes para mejorar su práctica cada vez que la UNCPBA ha ofrecido seminarios y/o cursos.

Se realizaron entrevistas informales a los docentes de Física que se desempeñan en establecimientos de esta ciudad. El protocolo de la entrevista a los docentes puede consultarse en el **Anexo I**. La entrevista se encuentra dividida en dos partes, la primera revela datos generales sobre el perfil de los docentes (edad, nivel de formación, años de experiencia docente, género, año de secundario en el que se desempeña); en la otra se indaga acerca de su visión sobre las herramientas interactivas de modelado (características que considera relevantes, puntos de vista sobre el uso, etc.).

La muestra quedó formada por nueve docentes de distintos establecimientos educativos de nivel secundario estatales, semiprivados con subvención estatal y privados de la ciudad de Tandil: cuatro profesores de Física con título universitario, dos estudiantes de profesorado de la UNICEN, dos profesores de Ciencias Naturales con título terciario, y un profesor de Física con título

terciario, con experiencias docentes variables entre 8 y 26 años (una media de 14 años). Cinco se desempeñan como profesores de cuarto año, dos de quinto y sexto año, uno de tercer año y uno de primero y segundo año.

Comentarios y derivaciones de las entrevistas informales sobre el perfil de los docentes y los establecimientos en los que se desempeñan

Se presentan a continuación algunas características de estos establecimientos y la disponibilidad para utilizar los laboratorios de informática en las clases de Física.

Institución 1: Colegio Sagrada Familia, institución semiprivada con subvención estatal que posee 111 años de antigüedad. Cuenta con diferentes niveles de educación: inicial, primario, secundario básico y secundario superior. El laboratorio de informática, en esta institución, es utilizado sólo por los docentes de TIC.

Institución 2: Colegio de la Sierra, institución privada con una antigüedad de 11 años. Cuenta con diferentes niveles de educación: inicial, primario, secundario básico y secundario superior. En este establecimiento laboratorio de informática es utilizado de manera casi exclusiva por los docentes de computación, además de ser un espacio compartido por los niveles primario y secundario.

Institución 3: Escuela Normal Superior “Gral. José de San Martín” con 103 años de antigüedad. Comprende a la Escuela Media Nº 10 dependiendo de la provincia. El uso del laboratorio es restringido, debido a las condiciones de infraestructura que presentan. Es utilizado por todos los niveles del establecimiento, incluido el inicial, y no cuenta con personal técnico especializado que realice el mantenimiento de la sala, lo que condiciona su utilización.

Institución 4: Escuela República del Ecuador, institución de educación media pública. El establecimiento se encuentra en el límite del radio céntrico de la ciudad y tiene una antigüedad de cincuenta años. Se encuentra fusionada con la Escuela Secundaria (ES) Nº 20 y comparten el espacio físico con la Escuela

Primaria (EP) Nº 7. Allí mismo también funcionan dos tecnicaturas, una en Servicio Turístico y otra en Química. En este establecimiento el uso del laboratorio no se ve promovido por la propuesta institucional, sólo los docentes de TIC lo utilizan regularmente aunque cuenta con un encargado que realiza el mantenimiento técnico de la sala.

Institución 5: Escuela de educación Técnica N°2 “Ingeniero Felipe Senillosa”, perteneciente a la educación pública estatal. Es un establecimiento que posee una población estudiantil numerosa. En este establecimiento el laboratorio de informática es utilizado prioritariamente por los docentes de los espacios curriculares que componen algunos de sus trayectos técnicos profesionales como por ejemplo el de Técnico en Computación y luego por los docentes de TIC de otras modalidades quedando muy pocos espacios para que puedan ser utilizados por docentes de otras disciplinas.

Institución 6: Escuela Nacional Ernesto Sábato, dependiente de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tiene una antigüedad de 9 años y posee el nivel de educación secundaria completo. El proyecto educativo institucional de la escuela promueve el desarrollo interdisciplinario de la Informática y facilita el uso de la sala de computación a los docentes de todas las áreas.

La **tabla 1** muestra la distribución de los docentes entrevistados como así también algunas características de cada uno de ellos.

Docente	Nivel de formación	Experiencia docente (años)	año en el que se desempeña	Institución educativa
D1	Profesora en Física (título terciario)	26	Cuarto, quinto y sexto	(institución 1)
D2	Estudiante de profesorado en la UNCPBA	10	Tercero	(institución 1)
D3	Profesora de Ciencias Naturales (título terciario) y Lic. en Ciencias Biológicas	11	Primero y segundo	(institución 2)
D4	Profesora de Física (título universitario)	12	Cuarto y quinto	(institución 2)
D5	Profesora de Física (título universitario)	13	Quinto	(institución 3)
D6	Profesora de Cs. Naturales (título terciario)	8	Cuarto	(Institución 4)
D7	Profesor de Física (título universitario)	15	Quinto y sexto	(institución 5)
D8	Estudiante de profesorado en la	9	Cuarto	(institución 6)

Docente	Nivel de formación	Experiencia docente (años)	año en el que se desempeña	Institución educativa
	UNCPBA			
D9	Profesora de Física (título universitario)	26	Cuarto	(institución 6)

Tabla 1: docentes de Física que fueron entrevistados para seleccionar los casos (aulas de Física) que se toman como referentes empíricos en esta investigación.

Comentarios y derivaciones de las entrevistas informales sobre el uso de simulaciones

Los docentes consultados dan muestras de conocer lo que es un applet aunque sólo dos de ellos los han empleado con cierta regularidad en sus clases.

Al referirse a los applets empleados lo hacen en relación con los contenidos disciplinares involucrados, por ejemplo:

“usé uno para mostrar la composición de movimientos en el tiro parabólico”

El empleo que hacen de los applets es variado. Algunos docentes lo presentan en términos de recurso motivacional, otros de apoyo para reforzar aspectos experimentales y en un único caso se los utiliza como de herramienta para conceptualizar los contenidos.

Los docentes que manifiestan conocer los applets y no emplearlos en sus clases argumentan razones de organización. Alguno de ellos menciona dificultades en cuanto a la disponibilidad del laboratorio de informática. En otros casos se hace referencia a problemas en el control de la clase ya que los alumnos deberían trabajar en grupos de numerosos por computadora.

4.3.2 Selección de los casos

Con el objeto de seleccionar los casos que podrían colaborar con nuestra investigación se consideraron criterios mencionados anteriormente en relación con las características que debería reunir una población en la que se generen procesos interactivos que puedan resultar interesantes de ser estudiados. Los

criterios fueron: disposición del docente, familiarización y disponibilidad en el uso de herramientas interactivas en las clases de Física, regularidad en el uso.

A partir de estas consideraciones se seleccionaron dos cursos de cuarto año de nivel medio del colegio Ernesto Sábato de la ciudad de Tandil, dependiente de la Universidad Nacional del Centro. El docente a cargo de la disciplina Física (el mismo en los dos cursos) es un docente que viene empleando las TIC en sus clases desde dos años antes de nuestro ingreso al aula. El docente a cargo de Informática es un docente que colabora con trabajos interdisciplinarios que pueden desarrollarse desde las diferentes disciplinas, a la vez que considera en su propuesta la potencialidad de las herramientas informáticas como promotoras o movilizadoras de procesos cognitivos de orden superior. Como se mencionara antes esta institución promueve el desarrollo interdisciplinario de la informática lo que convierte el ámbito de uso de las tecnologías en un lugar cotidiano de trabajo para los alumnos. Además, el acceso al campo se encontraba garantizado debido a que la institución promueve la investigación y la formación docente, lo que hace que los alumnos no vean como extraña la presencia de otros docentes durante el desarrollo de sus clases.

Una vez acordado con el docente llevar adelante el trabajo conjunto se le solicitó que nos indicara el tema que le interesaría trabajar. El docente sugirió los conceptos de carga eléctrica y campo eléctrico como interesantes a la hora de tratarlos a partir de simulaciones que le ayudarían en la conceptualización de los alumnos.

4.3.3 El escenario de esta investigación

Para comprender la realidad del aula de clase y poder conocer los procesos interactivos que ocurren en ella se realiza un recorte que focaliza en cada uno de los grupos de trabajo que comúnmente se organizan en el aula de informática según la cantidad de computadoras. De esta manera cada grupo se constituye en un caso instrumental. La **Imagen 1** muestra la disposición de los grupos entorno a la computadora en la sala de informática.



Imagen 1: Escenario en esta investigación. Pares de alumnos que trabajan juntos en una computadora.

La TA permite identificar componentes y relaciones entre los componentes de la clase para un análisis pormenorizado de su dinámica a partir del estudio en profundidad de la *Actividad* de los grupos de trabajo (par de alumnos que trabajan en una computadora) vista como SA.

Cada caso sería considerado como un sistema acotado con límites y partes constituyentes que puede estudiarse como un SA desde la perspectiva de los alumnos (ver apartado 3.3). Este sistema interactúa con otros SA que comparten este espacio interactivo como puede ser el SA del docente, del diseñador, de la escuela, etc. (ver apartado 3.4).

En este sistema alumnos y docentes se convierten en los actores que protagonizan los diferentes discursos (oral, escrito, digital) y establecen una asociación intelectual con las herramientas interactivas. Existen otros actores que permean el espacio, como los diseñadores de las simulaciones que indirectamente imponen sus metáforas interactivas cuando crean un artefacto. En el esquema también se presentan, de manera muy sintética, los tres niveles de complejidad creciente que permiten abordar el estudio del proceso interactivo en cada caso (nivel 1: visión integral del proceso interactivo, nivel 2: dimensión de interacción -digital, social y conceptual- y nivel 3: reconstrucción de la actividad) junto con las categorías conceptuales que orientan el análisis en cada uno de los niveles.

En el apartado siguiente se analizan las características del SA desde la perspectiva del par de alumnos, nuestro caso instrumental (Stake, 2007). Este sistema, como ya se ha mencionado, se convierte una herramienta para aproximarnos al estudio de los procesos interactivos en cada caso.

SA: “Utilización de simulaciones sobre Electrostática en la clase de Física”

La actividad áulica que forma el cuerpo central de esta investigación se estudia utilizando el modelo de actividad expandido propuesto por Engeström (1987). La **Figura 7** muestra la estructura del sistema de actividad emergente al que denominamos “Utilización de simulaciones sobre Electrostática en la clase de Física”.

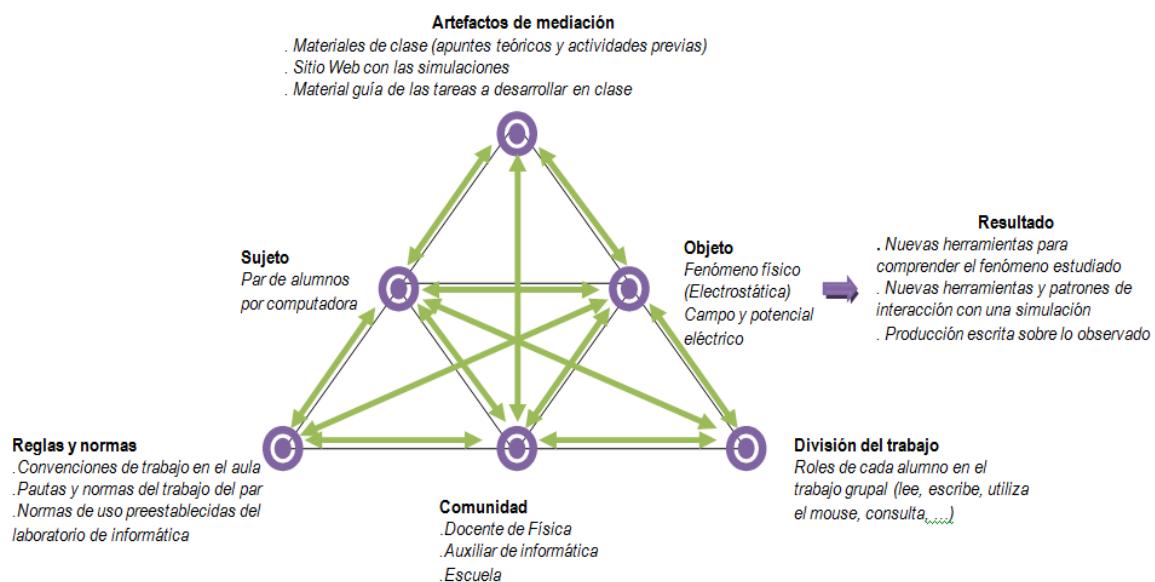


Figura 7: Modelo complejo del SA expandido desde la perspectiva del alumno.
(Adaptado de pág. 31, Perspectives on Activity Theory)

La actividad en el aula de Física de nivel secundario involucra una comunidad formada por docentes, estudiantes, directivos y auxiliares de la escuela y los padres de los alumnos que participan en forma indirecta del sistema. Esta comunidad comparte un conjunto de reglas explícitas e implícitas que guían la tarea diaria de docentes y alumnos: la atención que los alumnos tienen que prestar a las explicaciones de los docentes, la resolución de actividades en clase, el respeto por los pares, el comportamiento adecuado, la actuación del docente, el comportamiento en el aula de informática, el trabajo en grupo, etc.

Inicialmente, el docente explica a los alumnos la tarea a realizar y entrega el enunciado escrito que consiste de un conjunto de preguntas que guían la actividad. Se espera que los alumnos realicen una producción conjunta de las respuestas. El objetivo del docente con esta actividad es que los estudiantes dispongan de herramientas que los ayuden a comprender el concepto de

campo eléctrico y adquieran nuevos esquemas para interactuar con una simulación.

El objetivo de la actividad en el aula es el aprendizaje del tema Interacción Electrostática. Este objetivo es mediado por diferentes artefactos como son: libro de texto o apunte, cuaderno con las actividades realizadas en clase, lápiz y papel, y las simulaciones.

En este sistema la división del trabajo refleja los diferentes roles que los individuos juegan dentro de este ámbito educativo particular. El docente es quien propone las actividades o tareas que los alumnos realizarán en el aula. En este caso el docente de Física lleva a sus alumnos al laboratorio de informática para realizar una actividad en la que interactúan con tres simulaciones sobre el tema interacción electromagnética. Las simulaciones han sido seleccionadas por el docente en relación con lo ya trabajado en clase sobre el tema. El docente propone el trabajo en grupo de dos por computadora y manifiesta su rol de guía en el desarrollo de la actividad. En el laboratorio también se encuentra el administrador que colabora con las cuestiones técnicas que se puedan presentar.

4.4 Registro de la información

Los datos, de carácter cualitativo, que se construyeron en esta investigación reúnen la información que se considera necesaria para estudiar la actividad que se desarrolla en el aula cuando se utilizan simulaciones computacionales en la mediación de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

A continuación se listan los diferentes registros que se utilizaron y de qué manera éstos se transforman en comunicables. La enumeración responde al orden cronológico en que se desarrolló el proceso de investigación.

1) Entrevistas a los docentes de Física e Informática.

Se realizaron entrevistas (previa a la delimitación de los casos) a los docentes de Informática y de Física que trabajaban con los dos cursos que se tomarían como muestra. Esta información fue registrada en formato de audio y posteriormente transcripta en forma de texto para su seguimiento. Los datos

obtenidos a partir de este registro fueron: a) *Diseño didáctico elaborado por el docente para la actividad en el aula* y b) *Caracterización de los grupos en relación a su trabajo en la sala de informática*.

2) Producciones de los alumnos en las clases de Informática.

Se obtuvieron registros de producciones escritas en papel, resultado de actividades desarrolladas en clases de Informática. Estas producciones permitieron indagar sobre los conocimientos que tenían los alumnos respecto a las herramientas interactivas de modelado o simulaciones y las expectativas que generaba su utilización en el aula.

3) Documentos de acompañamiento a la tarea de aula.

Se recabaron documentos como planificación, materiales de cátedra, guías de trabajo. Se reconoce en estos documentos la metodología de trabajo como parte del diseño didáctico que propone el docente.

4) Libros de texto de Física de nivel medio.

Se seccionaron libros de texto de secundaria y universitarios en los que se aborda el tema interacciones electromagnéticas de los que se obtuvieron los *modelos científicos escolares* que se utilizan.

5) La disponibilidad de simulaciones gratuitas disponibles para el tema campo y potencial eléctrico.

Este registro permitió reconocer los modelos interactivos que comúnmente se ofrecen en las simulaciones sobre campo eléctrico y seleccionar aquellas que son utilizadas por el docente en la actividad.

6) Notas de campo en el aula.

Se recogió información observacional de todas las clases en las que se trató la temática “interacción electrostática” en el aula tradicional. Estas observaciones permitieron recuperar la dinámica de las clases previas a la instancia que se estudia. Involucra: el tipo de actividades que se desarrollaban, la metodología de trabajo en clase, los materiales complementarios, los modelos que se utilizaban para trabajar el fenómeno incluidas las representaciones que el docente dibujaba sobre la pizarra, y las discusiones en torno a ellas.

7) Notas de campo en el aula de Informática.

Estas notas recogen información sobre el modo en que se desarrollaron las actividades en las que los grupos utilizan simulaciones para trabajar la noción de campo eléctrico y potencial. Los registros permiten la reconstrucción de la dinámica de las clases de Física en el laboratorio de informática. Esta dinámica involucra observaciones sobre: la metodología de trabajo en grupo, la distribución y cantidad de grupos, los diálogos entre grupos durante la actividad, el rol de los docentes durante la clase, duración de la actividad, obstáculos, etc.

8) Registro de la actividad en formato digital.

Se registró de manera integrada y en formato digital del audio y el video del proceso seguido por cada grupo. El registro fue realizado con el software Freez Screen Video Capture²⁷ que posibilita la captura de los diálogos y acciones en pantalla de cada grupo. Esta herramienta que captura y graba pantallas, posibilita el registro integrado de audio y video en formato AVI (archivo estándar de video digital). Es de uso libre y ofrece una interfaz amigable. Permite grabar cualquier porción de la pantalla, los movimientos del cursor y el sonido ingresado por micrófono. Se pueden seleccionar: calidad, formato y compresor de audio y de video, cantidad de frames por segundo y volumen. Ofrece teclas rápidas para iniciar, pausar y parar la grabación con teclas rápidas.

9) Producciones escritas de los alumnos sobre la tarea realizada.

Se recolectaron copias de las respuestas a las tareas que propuso el docente. Estas producciones constituyen un elemento valioso al momento de tomar algunas decisiones respecto a la significación alcanzada por los estudiantes en relación con el contenido, aunque no constituyen en sí mismas un corpus para ser analizado.

10) Entrevistas semiestructuradas a docentes y alumnos.

²⁷ Puede descargarse gratis de <http://www.smallvideosoft.com/download.php>

Al finalizar la temática, se realizaron entrevistas semiestructuradas a docentes y alumnos. Estos registros permiten anticipar los resultados de la actividad en el aula desde la perspectiva de docentes y alumnos.

4.5 Construcción de los datos

En este apartado se describe de qué manera se han ido construyendo los datos en esta investigación, a partir de integrar las categorías conceptuales con los registros antes comentados.

4.5.1 Clases previas de Informática y Física

En el aula de informática

Con el objeto de indagar acerca de los conocimientos que poseían los estudiantes respecto a las herramientas interactivas de modelado y simulación y las expectativas que generaba su utilización en el aula se analizaron registros de producciones en papel como resultados de actividades previas desarrolladas en la clase de informática.

Entre los indicadores que permitieron reconstruir la noción de interactividad que propician estas herramientas en los estudiantes pueden mencionarse: la idea de intercambio en función de órdenes y resultados, de acciones que modifican un comportamiento, la existencia de un mundo simulado al que llaman virtual, digital o distinto, la existencia de “comandos” que permiten iniciar el juego y jugar y de elementos como el mouse o el teclado que posibilitan la interacción con otras entidades del modelo.

Se identificaron dos instancias en el análisis de la interactividad: a) la interactividad propiamente dicha que puede estudiarse en dos dimensiones de influencia mutua que se definen como lo que ven y lo que hacen y b) las sucesivas fases de interactividad que uno reconoce. Se identifica así en la actividad una componente más vinculada a la acción que se manifiesta en un desdoblamiento de percepción y manipulación y otra componente temporal vinculada a los momentos de interacción.

Entre las observaciones de los alumnos en relación a la interactividad que ofrecía el applet utilizado se destacan, por un lado las acciones que pueden realizarse en relación a la manipulación: “cambiar o variar”, “hacer”, “investigar”, “observar o ver”, y por otro lo que puede observarse en relación a la percepción: “tiene muchos dibujos”, “mucho movimiento”, “muchas opciones”.

Se identificaron tres momentos o etapas de interacción durante el desarrollo de la actividad: a) de exploración; b) de comprensión del modelo computacional y c) de manipulación del modelo físico.

El resultado completo de este análisis puede consultarse en Miranda y Santos (2008).

En el aula de Física

Para reconstruir e identificar los aspectos relacionados con el sistema de actividad que se construye en el aula de Física en las que se trató la temática se consideran los datos que se recogen de las notas de campo tomadas durante las clases previas a la instancia en la que se trabajó con simulaciones.

Desde el punto de vista de los sujetos involucrados se considera el trabajo en grupo de los alumnos en el aula. La mayoría resuelve los ejercicios que el docente ha propuesto en la guía de actividades. La guía y los materiales de clase, elaborados por el docente, se constituyen en las herramientas mediadoras del proceso. Las reglas que pueden observarse, en relación con el discurso son aquellas establecidas por la escuela, en las que ambos sujetos (estudiantes y docente) se comunican para construir y compartir significados. El docente cumple el rol de experto o guía que propone la actividad. Los alumnos buscan la ayuda del docente para comprender. El docente desarrolla un discurso que busca orientar los razonamientos de los alumnos, actuando como mediador del proceso de aprendizaje. La pizarra es utilizada como medio para representar el modelo del fenómeno que se está estudiando (las cargas, las líneas de campo, las líneas equipotenciales, etc.).

4.5.2 Los modelos involucrados en la clase de ciencia donde se utilizan simulaciones

Para el estudio de las situaciones de aula en las que aborde el tema campo y potencial eléctrico empleando simulaciones se estima de interés reconocer el modelo didáctico que busca poner en juego el docente y el modelo que la ciencia construye para el fenómeno físico, el modelo computacional que sustentan los applets que se utilicen y la intencionalidad o mensaje del diseñador que construye el applet.

El modelo didáctico

El modelo didáctico²⁸ se identificó en las intenciones de trabajo del docente y se infirieron los aspectos que permitieran reconstruirlo a partir de lo manifestado en la entrevista previa, cuando fue interrogado sobre lo que desearía encontrar en un applet y cómo quería trabajar con la herramienta.

A continuación se presentan algunos fragmentos de la entrevista:

... que el applet pueda acompañar el proceso de conceptualización de los estudiantes, ... que les permita elegir una carga y mostrar cómo es que a partir de ella se genera un campo eléctrico. Identificar que esa carga puede cambiar en intensidad y entonces el campo que genera también cambia. Avanzando en el tema,... que pudieran emplear una segunda carga como prueba y que la simulación muestre la interacción entre ambas. ... que pudieran advertir que si cambio de carga de prueba la intensidad del campo no cambia, sino que solo depende de la distancia a la que me ubique respecto a la carga generadora del campo... Me interesa que sea el alumno el que puede manipular la variable independiente por ejemplo, carga. ... que la intervención del estudiante sea en el paso a paso de construir el campo. Una visión procesual de cómo es que una carga genera un campo,... que me puedo enterar que está allí si coloco una carga de prueba; que esa carga de prueba experimenta una fuerza,...

Las palabras subrayadas en el fragmento de entrevista dejan “entrever” que el docente está interesado en acompañar el proceso de conceptualización de la noción de campo para lo que nos pide una aplicación que le facilite mediar el proceso de enseñanza que se propone. También nos sugiere que esta

²⁸ En este trabajo se ha tomado el significado de “modelo didáctico” expresado por Galagovsky y Aduriz-Bravo (2001) como imagen didáctica de un modelo científico que se transpone para su enseñanza escolar, una representación alternativa que considere los conocimientos previos de los estudiantes y que tienda a favorecer la visualización de los conocimientos abstractos.

aplicación permita la realización de actividades cada vez más complejas, no sólo en referencia a la visualización sino también a la manipulación de variables. Es decir, está pensando en un applet que permita elegir una carga y visualizar el campo eléctrico generado. Además que la presencia de una carga de prueba en un punto permita determinar la intensidad del campo eléctrico en la posición de la carga.

Se realizó una búsqueda de simulaciones para el tema campo y potencial eléctrico disponibles de manera gratuita en sitios web educativos o que acompañan a distribuciones de software de modelado.

El conocimiento de las simulaciones disponibles permitió reconocer los modelos interactivos que comúnmente se ofrecen en las simulaciones sobre campo eléctrico. Algunas características que los describen son: utilizan valores de cargas comparables, no muestran el valor de las cargas, muestran líneas de campo generado por dos cargas pero no el valor de las cargas, cuando el valor de una de las cargas es fijo no se pueden incluir cargas comparables porque no se conoce el valor de las cargas, representan sistemas de partículas en los que no se conoce el valor de las cargas y no se pudo incluir otra no comparable, no permiten trabajar la noción de carga de prueba.

Las simulaciones seleccionadas pertenecen a la distribución oficial de Easy Java Simulations²⁹ (Ejs) que acompañan al libro “*Creación de simulaciones interactivas en Java. Aplicaciones a la enseñanza de la Física*” (Esquembre, 2005). En estas simulaciones se pueden movilizar las cargas y observar el campo eléctrico generado por ellas y también observar el movimiento que experimenta una partícula de prueba en un campo eléctrico. El paquete fue creado utilizando la herramienta de modelado Ejs (Easy Java Simulations), es distribuido como un archivo java ejecutable que puede ser modificado si se instala la aplicación.

²⁹ Easy Java Simulations (simulaciones sencillas en Java), también conocido como Ejs, es una herramienta de autor que ayuda a no programadores a crear simulaciones interactivas en Java. EJS crea aplicaciones Java que son independientes de la plataforma que pueden ser visualizadas utilizando un navegador Web. Y por lo tanto distribuidas a través de Internet <http://fem.um.es/Ejs/>. EJS ha sido creado por Francisco Esquembre y es parte del proyecto Open Source Physics (Física de código abierto).

El applet: estructura, comunicabilidad y funcionalidad

Dado que en un applet se conjugan el modelo físico representado y los elementos propios de la interfaz³⁰ que los viabilizan y definen la interactividad³¹ es importante estudiar sus características para comprender el funcionamiento.

En la representación de un sistema físico mediante un modelo científico se emplean entidades (objetos) y propiedades conceptuales (Halloun, 2006). Las entidades conceptuales representan objetos o agentes físicos, a menudo mediante un concepto geométrico que representa los aspectos morfológicos primarios. Mientras que las propiedades conceptuales representan las propiedades primarias de la estructura y el comportamiento del sistema: objetos e interacciones entre estos. Un objeto se puede describir por una propiedad característica y puede ser intrínseca o de estado. Una propiedad intrínseca se refiere a un parámetro en el lenguaje matemático y representa una propiedad característica que usualmente no es afectada por el comportamiento del cuerpo (o sistema) o por su interacción con otros cuerpos, por ejemplo, en mecánica clásica la masa, la carga y las dimensiones. Una propiedad de estado puede ser, por ejemplo, el comportamiento de un cuerpo que puede variar durante la interacción con otros cuerpos (velocidad, momentum, corriente eléctrica). Esta propiedad es representada por una variable en lenguaje matemático. La interacción representa las acciones mutuas entre dos o más cuerpos físicos, por ejemplo en mecánica clásica, fuerza, campo, energía; y dependiendo del sistema considerado las interacciones pueden ser internas o externas.

Elementos y estructura de la Interfaz de las simulaciones

Los elementos interactivos que presenta un applet pueden dividirse en dos grandes grupos, por un lado aquellos que permiten controlar el modelo físico , y por otro lado, los elementos interactivos que permiten controlar la ejecución

³⁰ Como se mencionara en al cap 2. la Interfaz es el medio que permite al usuario tener acceso y comunicarse con la aplicación para abordar los contenidos. Incluye el modo de presentar los contenidos en la pantalla (objetos y propiedades) y las funciones que definen la interactividad.

³¹ También mencionado en cap. 2, hace referencia a la capacidad de transformar el flujo y la forma de presentar la información digital.

de la simulación, actuando sobre el modelo computacional (4.6.2, p. 27): por ejemplo “Reset”, “Leer”, “Inicio”, “Play”, “Pausa”, “Stop”, “Paso”.

Los primeros son canales de comunicación (artefactos mediadores) entre el estudiante y el modelo representado. En las simulaciones que empleamos, los elementos que permiten controlar el modelo físico pueden agruparse de la siguiente manera:

- a) elementos que permiten variar el sistema físico particular. En este caso la cantidad de partículas que es fija, son dos partículas (“Qp” y “Qg”) que pueden estar cargadas.
- b) elementos que permiten controlar las propiedades primarias. Están asociados a controles a través de los cuales se pueden variar los parámetros (por ejemplo: valor de la cargas,) y aquellos que permiten variar y/o visualizar los valores de las variables estado (por ejemplo el valor del campo en la posición de Qp, la distancia entre las cargas) y por último aquellos asociados con el comportamiento del sistema (descriptores de interacción), por ejemplo las casillas de verificación que habilitan o deshabilitan la visualización del campo eléctrico o el potencial.

Las **figuras 8, 9 y 10** muestran una vista de las ventanas del sitio que incluye a cada una de las tres simulaciones que se utilizan: *simulación 1 (S1)*, *simulación 2 (S2)* y *simulación 3 (S3)*. La ventana contiene un área de menú, ubicado en el sector izquierdo de la pantalla, y un espacio en el sector derecho en donde se lee el contenido del nodo³² que se selecciona en el menú.

³² Se considera nodo a cada unidad de información que conforma el hipertexto. Estos son cada una de las páginas que contiene comentarios sobre cómo proceder con la tarea, información sobre cómo es presentado el contenido en las simulaciones y las simulaciones propuestas (S1, S2 y S3).

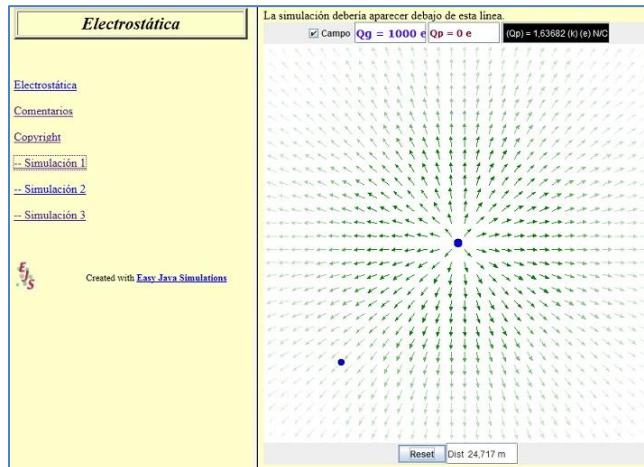


Figura 8: Interfaz del sitio que muestra la simulación S1.

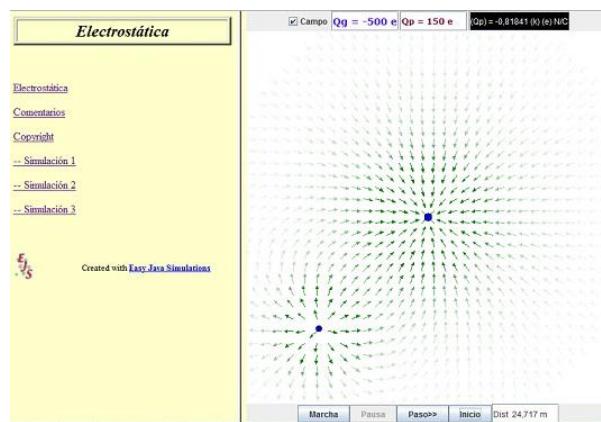


Figura 9: Interfaz del sitio que muestra la simulación S2.

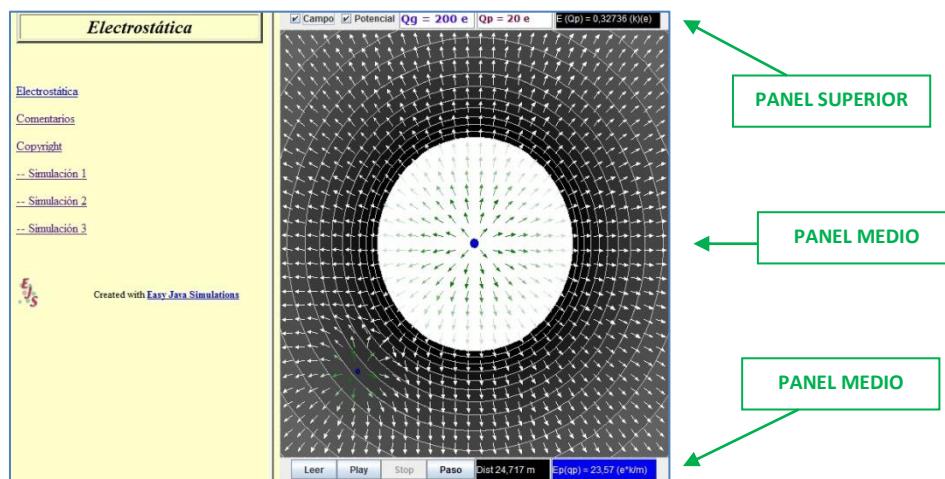


Figura 10: Interfaz del sitio que muestra la simulación S3.

El área en la que se presenta la simulación se divide en tres paneles en los que se distribuyen los elementos interactivos antes mencionados. En el panel superior se encuentran los selectores de visualización (**campo** y **potencial**), los

campos editables que posibilitan el ingreso de parámetros (valor de carga generadora ***Qg*** y valor de carga de prueba ***Qp***) y el visor del valor del campo en el punto donde se encuentra la carga de prueba. El panel medio se constituye en el espacio de visualización del fenómeno simulado, en donde se ven representadas las cargas y el campo eléctrico o el potencial. En el panel inferior se encuentran ubicados los controles que posibilitan la interacción con la simulación y un visor que muestra el valor de la distancia entre las cargas.

El modelo computacional

Una vez reconocido el modelo físico representado en las simulaciones se identificó el **modelo computacional** que las sustenta con el objeto de conocer sus características técnicas e interactivas. Esto involucra el modelo matemático utilizado y las características representacionales. Este proceso implicó:

Identificación de las variables (dependientes e independientes) y sus descriptores (dimensiones, tipos de datos y valores iniciales).

Las **figuras 11, 12, 13 y 14** muestran las variables que se consideraron en estas simulaciones para reflejar el comportamiento de los diferentes elementos del modelo como son: el espacio y el tiempo, las partículas, los eventos, el campo y el potencial.

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
xmin	-10	double	
xmax	10	double	
ymin	-10	double	
ymax	10	double	
t	0	double	
dt	1.5	double	
ep	0.8	double	
resistencia	2	double	

Figura 11: captura de pantalla donde se visualizan las variables comunes del modelo.

○ Introduction ○ Model ○ View
 Variables Initialization Evolution Constraints Custom
 Comunes Partículas Eventos Campo y potencial

Name	Right-click here for a popup menu	Type	Dimension
n	2	int	
Qg		double	
Qp		double	
Dg	0.5	double	
Dp	0.2	double	
Mg	10000	double	
Mp	1	double	
diametro		double	[n]
masa		double	[n]
carga		double	[n]
x		double	[n]
vx		double	[n]
y		double	[n]
vy		double	[n]

Figura 12: captura de pantalla donde se visualizan las variables asociadas al sistema de partículas.

○ Descripción ○ Modelo ○ Vista
 Variables Inicialización Evolución Relaciones fijas Propio Elementos
 Comunes Partículas Eventos Campo y potencial

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
TOLERANCIA	0.001	double	
TOLECOLI	0.0001	double	
reboteHorizontal		boolean	
rebote		int	
choque	false	boolean	
		int	

Figura 13: captura de pantalla que muestra las variables del modelo asociadas a los eventos.

EJS 4.3.7 - users/Andrea/Electrostatica_newpot.xml
 Descripción Modelo Vista
 Variables Inicialización Evolución Relaciones fijas Propio Elementos
 Comunes Partículas Eventos Campo y potencial

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
mostrarCampo	false	boolean	
resC	32	int	
campo	0	double	[resC] [resC] [5]
Eprueba		double	
dist		double	
mostrarPotencial	false	boolean	
mostrarPotencial3D	false	boolean	
resP	32	int	
potencial		double	[resP] [resP]
Potprueba	0.0	double	
		double	

Figura 14: captura de pantalla que muestra las variables del modelo asociadas al campo y al potencial.

Conocer las restricciones propias del modelo y los algoritmos que determinan el comportamiento de los objetos y su representación.

En la sección de *Inicialización* del modelo se establecen las restricciones e inicializaciones de las variables (valores iniciales de las partículas, posición aleatoria de las cargas).

En la sección *Relaciones Fijas* se explicitan los algoritmos para calcular en cada instante los valores de las variables dependientes que determinan: el campo eléctrico, representado por un mapa de vectores, el potencial, representado por el mapa de niveles, el valor del campo en la posición de la carga de prueba y el valor del potencial en la posición de la carga de prueba.

Identificación de las ecuaciones que determina la evolución en el tiempo y sus métodos de cálculo.

Como puede observarse en la **Figura 15**, se presentan las ecuaciones de estado dependientes del tiempo. Tanto t (*variable independiente*) como dt (*incremento*) son definidas como variables comunes. El deslizador situado en la zona izquierda de la pantalla (IPS) que en el ejemplo se encuentra inicializado a 10, permite determinar la cantidad de imágenes por segundo que se muestran. El campo PPV, inicializado a 1, muestra los pasos del modelo que se ejecutan antes de actualizar la vista. El modelo considera dos eventos (parte inferior derecha de la ventana), el rebote con las paredes y la colisión entre partículas. Como puede observarse en la parte inferior izquierda de la ventana, el método de resolución numérica de ecuaciones diferenciales utilizado es Runge-Kutta de cuarto orden.

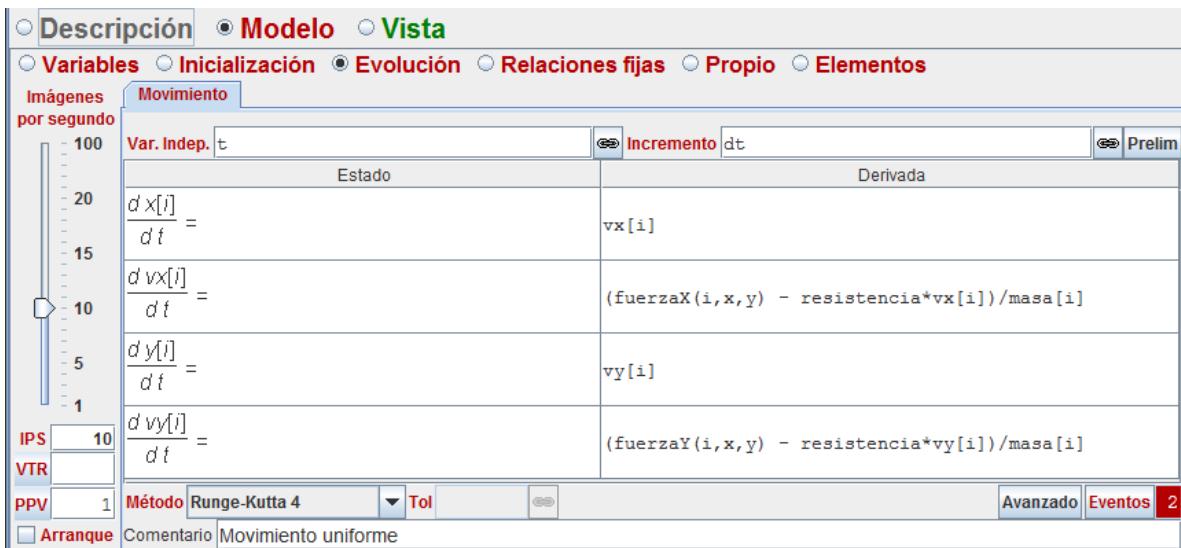


Figura 15: captura de pantalla que muestra las características de evolución del modelo.

Conocer los elementos que componen la Vista de la simulación incluyendo las características de ventanas y o paneles en los que se representa el fenómeno y las propiedades de cada uno de los elementos que la componen.

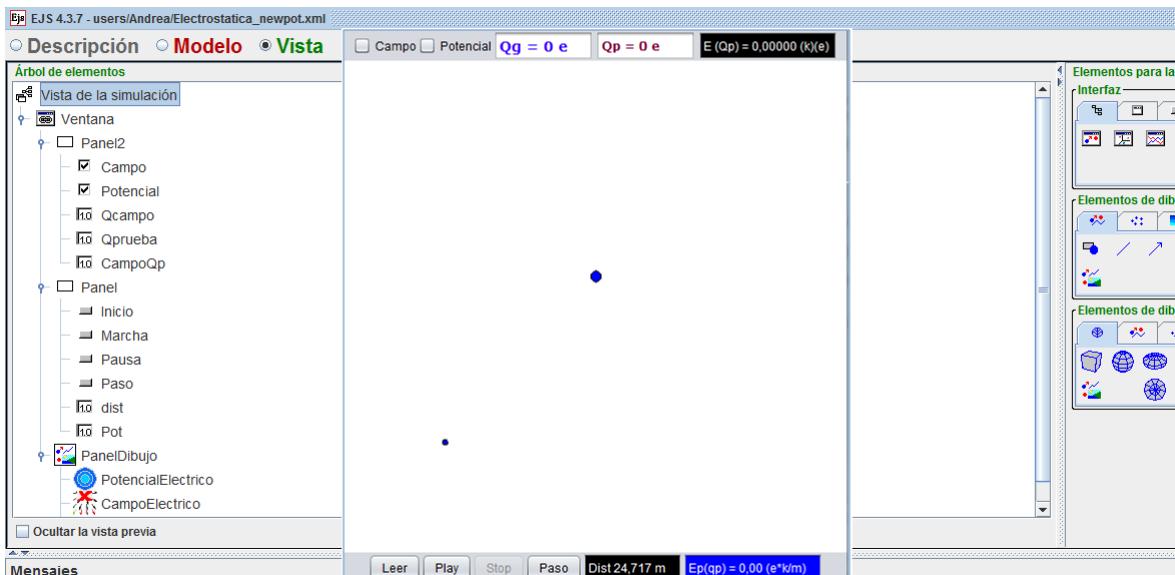


Figura 16: captura de pantalla que muestra los componentes de la vista que presenta la simulación 3.

Como puede observarse en la **Figura 16**, la vista de la simulación se presenta en una ventana formada por tres paneles. El primer panel llamado "Panel2" contiene todos los elementos interactivos que se presentan en la parte superior de la ventana. Estos elementos son: dos selectores booleanos relacionados con la visualización del campo y el

potencial eléctrico, dos campos numéricos que permiten modificar el valor de las cargas como variables independientes, y un campo numérico que muestra el valor del campo eléctrico en la posición de la carga de prueba (variable dependiente)

Luego se presenta un segundo panel, llamado “Panel” que contiene a los elementos interactivos que se encuentran en la parte inferior de la simulación. Los elementos en este panel son: cuatro *botones de acción* asociados a las acciones de Inicio, Marcha, Pausa y Paso respectivamente, y dos campos numéricos en los que se muestra el valor de la distancia entre las cargas y el valor del potencial en la posición de la carga de prueba.

Por último, la vista se constituye por un panel de dibujo que contiene un Mapa de nivel que representa el potencial eléctrico, un campo de vectores que representa el campo eléctrico en cada punto y un conjunto de n partículas que permite la representación de las cargas.

A solicitud del docente se realizaron algunas modificaciones al modelo computacional que posibilitaron acercarlo al modelo didáctico que intentaba trabajar el docente. Se redujo el modelo a dos partículas, se consideró la especificación de que una de las cargas tenga el rol de “carga de prueba” y se modificó la funcionalidad de cada una de las simulaciones para crear una secuencia de actividades con complejidad creciente.

La comunicabilidad del applet

Como se mencionó en el apartado 3.4.1, una vista de la interfaz de la simulación permite conocer algunas de las intenciones del diseñador. Su mensaje se puede recuperar al interactuar con el applet dado que la interacción con el recurso implica entre otras acciones explorar el comportamiento y las affordances de la interfaz (de Souza, Leitão, Prates, et al., 2010).

Con el objeto de conocer la comunicabilidad³³ de los applets, y considerarla como insumo para comprender el proceso interactivo que finalmente desarrollarán los alumnos, se utilizaron algunos elementos de la metodología de inspección semiótica.

El escenario de interacción: son tres simulaciones computacionales que pueden utilizarse como complemento en la construcción de las nociones de campo y potencial eléctrico. Proponen una complejidad creciente para abordar el modelo de campo eléctrico utilizando una carga de prueba.

Una vez reconocidos los aspectos de relevancia del escenario del recurso se identificaron los diferentes signos que determinan a estos fenómenos semióticos específicos con el fin de reconstruir y explicitar el meta-mensaje. Empleando los principios de la Ingeniería Semiótica se estudia la meta-comunicación diseñador-usuario que se da a través de los applets. Se identifican los signos estáticos, dinámicos y metalingüísticos, para analizar la naturaleza, la estructura, los procesos, los efectos y las condiciones de una comunicación mediada.

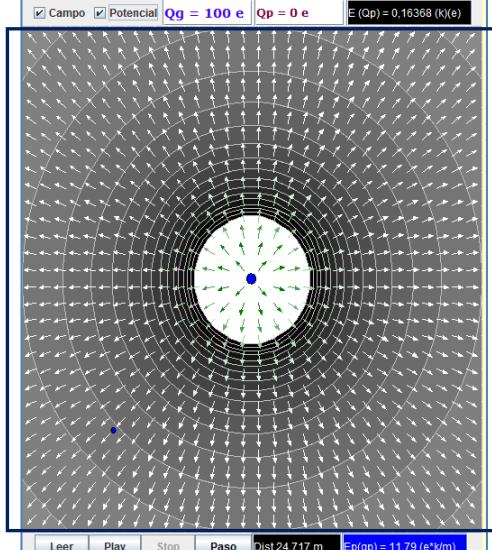
Los signos estáticos

Los signos estáticos son aquellos cuya representación es inamovible y persisten al interactuar con la herramienta. Abarcan a todos los elementos que se muestran en la interfaz de las tres simulaciones sin que exista aún interacción y se encuentran detallados en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1: Signos estáticos que incluye la herramienta digital.

Casillas de verificación	<input type="checkbox"/> Campo <input type="checkbox"/> Potencial Qg = 0 e Qp = 0 e E (Qp) = 0,00000 (k)e
<i>Selectores de visualización de campo y potencial:</i> Si se selecciona la casilla <campo> la simulación muestra la representación vectorial del campo eléctrico. Ocurre lo mismo con la casilla de verificación del <potencial>, si esta se activa la simulación	

³³ Recordamos el concepto de Comunicabilidad: El mensaje que transmite la interfaz se va desarrollando a medida que se interactúa con la herramienta y es a través de la interacción que revela al usuario todos los principios interactivos que deben ser usados para comunicarse con el sistema. Involucra un proceso de meta comunicación, es decir, comunicación acerca de la comunicación. Los usuarios perciben del sistema lo que los diseñadores de la herramienta han plasmado, incluyendo los modelos de procesos comunicativos entre el usuario y el sistema.

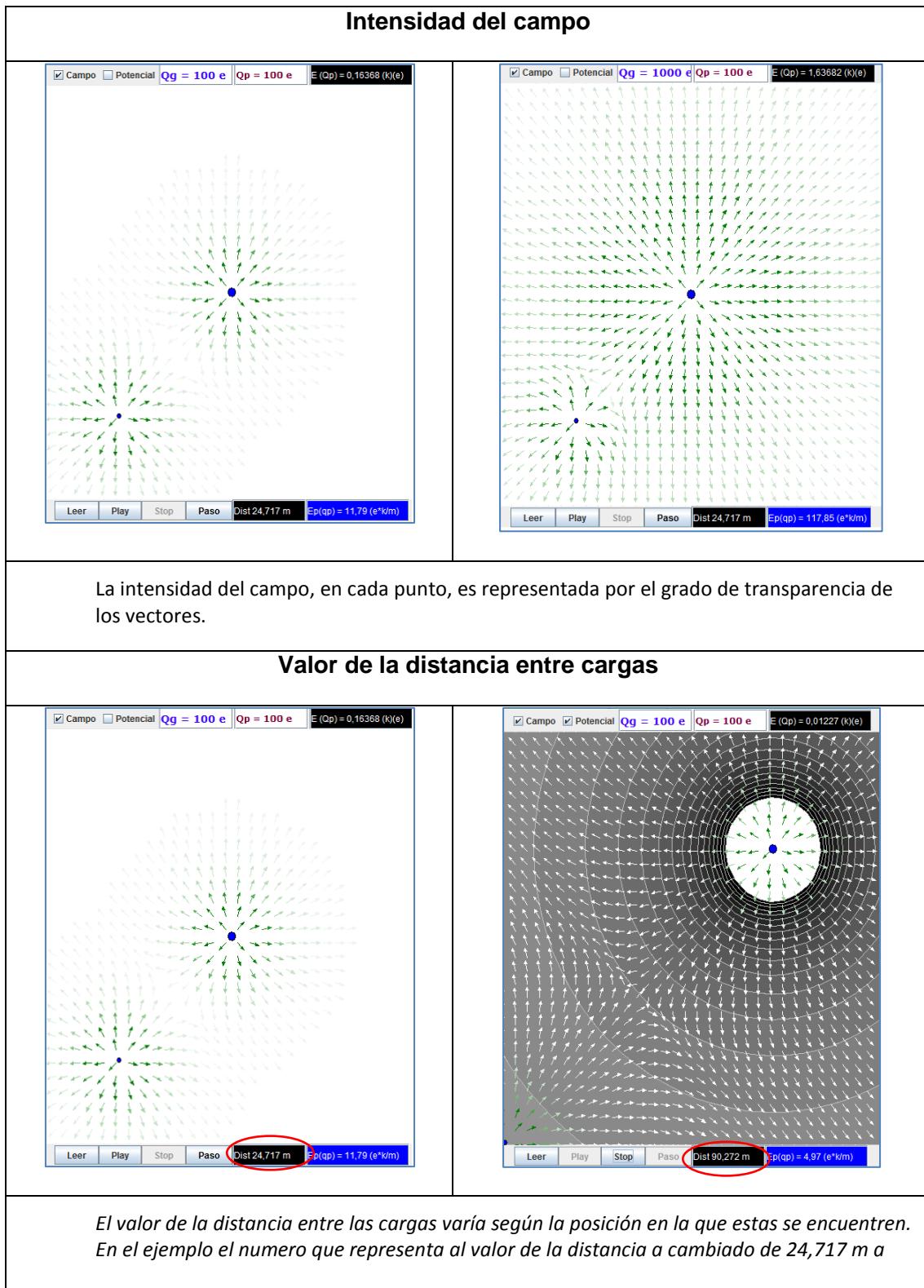
	muestra la representación de las líneas equipotenciales.
Campos editables	<input type="checkbox"/> Campo <input type="checkbox"/> Potencial Qg = 0 e Qp = 0 e E (Qp) = 0,00000 (k)(e) <p>Permiten ingresar el valor de la carga de prueba (Qp) y generadora (Qg).</p>
Visores alfanuméricicos	
Campo eléctrico	<input type="checkbox"/> Campo <input type="checkbox"/> Potencial Qg = 0 e Qp = 0 e E (Qp) = 0,00000 (k)(e) <p>Muestra el valor del Campo eléctrico en la posición en que se encuentra la carga de prueba.</p>
Distancia entre cargas	<input type="button" value="Leer"/> <input type="button" value="Play"/> <input type="button" value="Stop"/> <input type="button" value="Paso"/> Dist 24,717 m Ep(qp) = 0,00 (e*k/m) <p>Muestra la distancia entre las cargas expresada en metros.</p>
Energía potencial	<input type="button" value="Leer"/> <input type="button" value="Play"/> <input type="button" value="Stop"/> <input type="button" value="Paso"/> Dist 24,717 m Ep(qp) = 0,00 (e*k/m) <p>Visor de la energía potencial en la posición de Qp en S3.</p>
Área de visualización	<input checked="" type="checkbox"/> Campo <input checked="" type="checkbox"/> Potencial Qg = 100 e Qp = 0 e E (Qp) = 0,18368 (k)(e)  <p>Área en la que se visualiza la interacción entre las dos cargas.</p>

	<p>Objetos puntuales</p>
	<p>Puntos que representan a las cargas Q_p y Q_g. El diámetro del punto que representa a Q_g (indicado en el gráfico de la celda contigua con un círculo rojo) es mayor que el diámetro que representa a Q_p (indicado en el gráfico de la celda contigua con un círculo verde).</p>
Objetos interactivos (Controles)	
	<p>Los controles que se encuentran en la parte inferior en las tres simulaciones (Óvalo rojo) (Reset, Leer, Inicio, Marcha, Play, Stop, Paso)</p>
	<p>Unidades de medida</p>
	<p>Unidades de medida en las que se presentan valores de: cargas (= e), campo (= e x k), distancia entre cargas (en metros) y potencial (=e x k/m).</p>

Los signos dinámicos

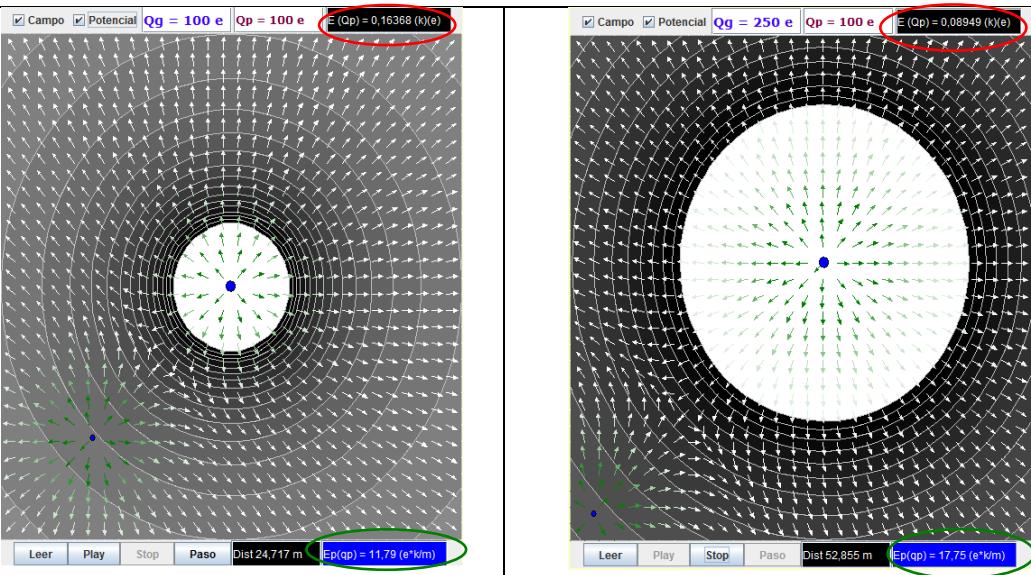
Los signos dinámicos son aquellos que aparecen en la simulación propuesta a medida que el usuario interactúa con el applet (ver **Cuadro2**)

Cuadro 2: Signos dinámicos que incluye la herramienta digital.



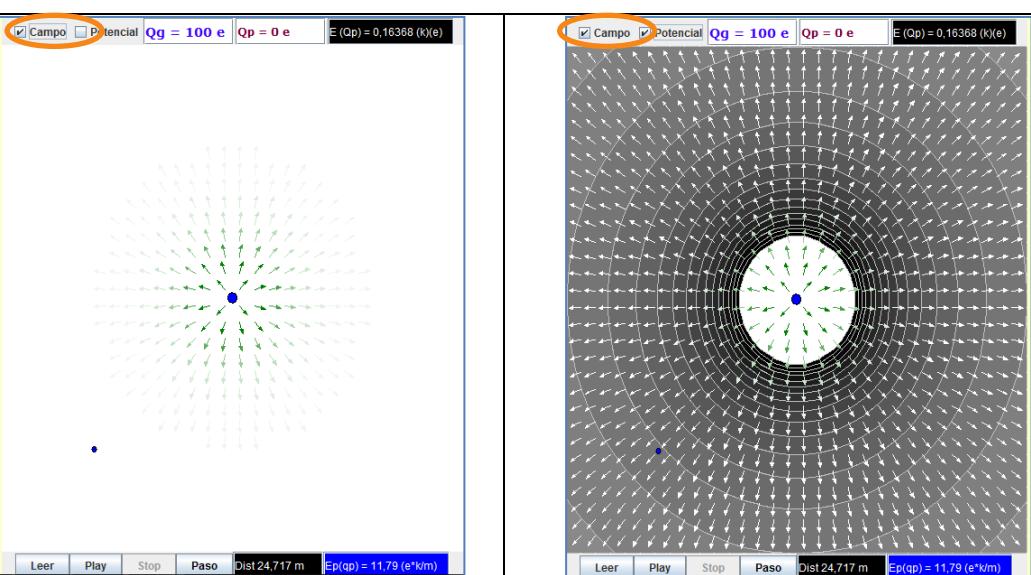
90,272 m.

Valor de campo y potencial eléctrico



Los valores de campo y potencial en la posición de Qp varían según la posición de las cargas y el valor de las mismas.

Indicadores de visualización

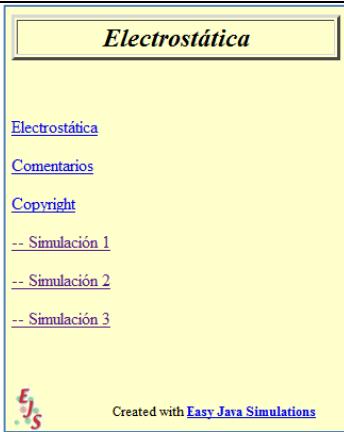


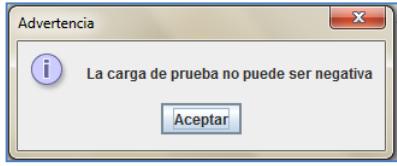
Los vectores que representan al campo y las líneas de equipotencial se visualizan al activar la celda de verificación correspondiente.

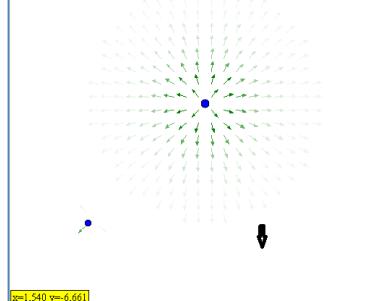
Signos metalingüísticos

Los signos metalingüísticos dependen de la separación entre dos niveles representacionales: uno donde la acción tiene lugar y el otro donde se proporciona la información, instrucción, descripción o explicación sobre la acción. Estos niveles pueden ser alcanzados por tipos específicos de interacción, por ejemplo presionar una cierta tecla para acceder a la ayuda. También pueden presentarse en el mismo espacio y tiempo que ocurre la acción, por ejemplo un mensaje emergente embebido en la interfaz que ayude al usuario a interactuar con el sistema. Siguiendo estos principios en el **Cuadro 3** se presentan los signos metalingüísticos identificados en el applet que es ofrecido a los alumnos.

Cuadro 3: Signos metalingüísticos que incluye la herramienta digital.

Menú interactivo	 <p>The image shows a screenshot of an interactive menu titled "Electrostática". The menu includes links for "Electrostática", "Comentarios", "Copyright", and three simulation options: "Simulación 1", "Simulación 2", and "Simulación 3". At the bottom right, there is a logo for "Created with Easy Java Simulations".</p> <p><i>El menú que ofrece el acceso a comentarios e hipervínculos a las distintas simulaciones. Indica un posible orden en el que pueden visitarse los nodos. Posibilita el recorrido hipertextual.</i></p>
------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ayudas	<p><i>En esta simulación se puede ingresar el valor de carga de prueba, y el valor de carga del campo.</i></p> <p><i>Las unidades de las cargas son en unidades de e (e= 1.6 e-19)</i></p> <p><i>La carga del campo Qg puede tomar valores entre -1000 y 1000 e</i></p> <p><i>El formato de la carga de prueba Qp requiere que luego del = se deje un espacio.</i></p> <p><i>Los textos con las ayudas se presentan en la página “Comentarios”.</i></p>
Enunciados de tareas	<p><i>Te proponemos que hagas un “estudio” de las posibilidades que te ofrece la simulación. Esta se presenta en tres versiones: a) Simulación del campo eléctrico. (Simulación 1), b) Simulación del campo eléctrico que muestra el desplazamiento de las partículas cargadas. (Simulación 2), c) Simulación que permite visualizar el potencial y el campo eléctrico. (Simulación 3)</i></p> <p><i>En el enunciado de las consignas se entrega por escrito a cada uno de los grupos.</i></p>
Mensajes emergentes	 <p><i>Cuando se ingresa un valor de carga de prueba negativo se obtiene el mensaje de advertencia con el texto: “La carga de prueba no puede ser negativa”</i></p>
Indicadores de error	<p data-bbox="641 1289 1340 1343"> <input checked="" type="checkbox"/> Campo Qg = 100 e Qp = -100 e E (Qp) = 0,00000 (k) (e) N/C </p> <p data-bbox="578 1379 1356 1522"> <i>Al ingresar un valor en un campo editable el fondo del campo se presenta de color amarillo indicando que el campo está en modo edición. El fondo vuelve a ser blanco cuando se acciona la tecla <Enter> para indicar la entrada del valor.</i> </p> <p data-bbox="641 1558 1340 1612"> <input checked="" type="checkbox"/> Campo Qg = 100e Qp = -100 e E (Qp) = 0,00000 (k) (e) N/C </p> <p data-bbox="578 1648 1372 1792"> <i>Cuando se edita un campo y se elimina alguno de los espacios en blanco establecidos entre los distintos elementos al confirmar la entrada el fondo del campo se presenta de color rojo indicando el error.</i> </p>

Información complementaria	
Estado de controles	<p></p> <p><i>La intensidad en el color o transparencia de los controles indica si están habilitados o no. (Por ej. En el botón de Stop aparece como deshabilitado cuando la simulación aún no se ha puesto en marcha).</i></p>

Las especificaciones para el ingreso de valores de parámetros no se encuentran explicitadas en ninguna ayuda. La edición de este campo y la posible aparición del color amarillo o rojo ocasiona que los alumnos tengan que consultar para interpretar su significado. Además, la simulación no permite el ingreso de un valor negativo a la carga de prueba lo que ocasiona se ejecute un mensaje de error cuando esto ocurre.

A partir de la inspección del espacio de interacción y la identificación de los diferentes signos presentes en las simulaciones, se identificó el mensaje que se transmite y el modelo teórico del fenómeno físico que subyace en este espacio.

El mensaje:

Las tres simulaciones (S1, S2 y S3) muestran dos partículas a las que se les puede asignar cargas ingresando valores en las casillas de campos editables, identificadas como Qg (carga generada de campo) y Qp (carga de prueba). Al denominar carga generadora a una y carga de prueba a otra se puede inferir que habría en la simulación una intencionalidad didáctica por evolucionar del modelo de acción a distancia a la noción de campo eléctrico. Este planteo requiere que se ingresen valores mucho

mayores para la carga generadora que para la carga de prueba y garantizar que aproximadamente el campo de la carga Q_p sea despreciable frente al generado por Q_g.

La representación vectorial del campo eléctrico se visualiza accionando la casilla de verificación mediante un clic. En la simulación S3 se visualizan las líneas de potencial al accionar la casilla de verificación. Se conoce el valor del campo en la posición de Q_p y la distancia entre las cargas que se presentan mediante campos no editables. La simulación S1 permite observar el campo que genera una carga puntual (Q_g), en la S2 se agrega la posibilidad de ver la acción a distancia de las cargas en el tiempo y en la S3 se agrega la visualización del potencial. En las dos últimas puede observarse el comportamiento de las cargas y la representación dinámica del Campo y Potencial. En todos los casos se pueden manipular las partículas cambiando su posición con el mouse.

La simulación permite probar con dos cargas de igual magnitud. La propuesta del diseñador es que sea el alumno quien decida cuál será la relación entre las magnitudes de las dos cargas que determinan la visualización del campo y del potencial.

Los contenidos del mensaje, comunicados por los diferentes tipos de signos, permiten interpretar la actividad de los estudiantes frente a los applets.

Hacia una sintaxis de interacción: las acciones permitidas

La interfaz del applet articula la comunicación a través de un lenguaje visual que integra un vocabulario formal y una sintaxis que describe y controla la articulación de los elementos del sistema. Comprender la interacción de los estudiantes con el applet y reconstruir la secuencia de interacción que utilizan implica conocer previamente la interactividad permitida por la herramienta. Con este fin, y utilizando estrategias de deconstrucción de la interfaz, se identificó la interacción “prevista”, es decir aquella que la herramienta permite.

En el **Cuadro 4** se presenta una lista de las acciones que pueden realizarse sobre el artefacto, los indicadores utilizados en la transcripción, una breve descripción de cada una y los códigos definidos para construir la sintaxis de interacción.

Cuadro 4: categorías de **Acción** identificadas en la interacción con el entorno.

Acción	Identificador en la Transcripción	Descripción	Código
Seleccionar la simulación.	<S1> o <S2> o <S3>	Clic para seleccionar la simulación en el menú.	S[N°] N°=(1, 2 o 3)
Editar el campo numérico ³⁴ .	<VQg>	Clic para editar el campo donde se ingresan los valores de los parámetros. (Qg y Qp)	EC
Ingresar un valor.	(valor)	Escritura del valor del parámetro.	IV
Confirmar el valor.	<Enter>	Accionar la tecla "Enter". Se indica que ha finalizado la edición del campo.	CV
Leer nuevos valores	<Reset> o <Inicio> o <Leer>	Accionar los comandos "Reset", "Inicio", o "Leer" en las diferentes simulaciones. Origina la inicialización de los parámetros a los valores ingresados y la asignación de valores por defecto a aquellas variables que no pueden ser modificadas por el alumno.	LV
Iniciar la simulación.	<Marcha> o <Play>	Accionar el comando que pone en marcha la simulación. "Marcha" en S2, "Play" en S3.	IS
Pausar la simulación.	<Pausa> o <Stop>	Accionar el comando que pausa la ejecución de la simulación. "Pausa" en S2, "Stop" en S3.	PS
Ejecutar un Paso de la Simulación.	<Paso>	Accionar el comando que ejecuta sólo un paso de la simulación. "Paso" en S2 y S3.	EP
Activar la visualización del campo eléctrico.	<CE>	Tildar la casilla de verificación "Campo".	AC
Activar la visualización del potencial.	<POT>	Tildar la casilla de verificación "Potencial".	AP
Desactivar la visualización del campo.	<CE>	Hacer un clic sobre la casilla de verificación "Campo" previamente tildada.	DC
Desactivar la visualización del potencial.	<POT>	Hacer un clic sobre la casilla de verificación "Potencial" previamente tildada.	DP
Manipular las cargas.	Qp --> [dirección] [↗]: alrededor de, [□]: centro, ↖: arriba izquierda, ↗: arriba derecha, ↙: abajo izquierda, ↘: abajo derecha, ←: a la izquierda, →: a la derecha, ↑: arriba, ↓: abajo]	Tomar con el mouse una de las cargas y desplazarla por el área de representación.	MC
Otras Operaciones: Navegar, Señalar con el mouse, Seleccionar objetos. Manipular ventanas.	--> Qp, --> Qg, <Barriba>, <Babaj>, --> <VCampo>	Navegación por la pantalla (por ej. la utilización de las barras scrolling). Señalamiento con el mouse de un objeto en la pantalla (por ej. cargas, valor del campo) o selección de un valor pintándolo con el mouse para referirse al él en el discurso (por ej. valor del campo, valor del potencial, valor de la distancia entre las cargas. Cierre o apertura de ventanas).	OA
Navegar por el hipertexto.	<Comentarios> <Eletrostática>	Selección de los diferentes nodos complementarios que conforman el hipertexto.	NH

La sintaxis de interacción (**apartado 2.5.1, p. 75**) es la secuencia de acciones que realiza el actor sobre el artefacto. La secuencia puede ser única cuando el usuario está obligado a seguir un camino excluyente para llegar al resultado deseado o por el contrario, puede presentar diferentes alternativas.

³⁴ Es una celda o espacio de la pantalla donde se introduce un valor numérico que se corresponde con un parámetro o variable del modelo que se simula.

En este estudio, la sintaxis de interacción con las simulaciones está determinada por dos tipos de recorridos. Uno de carácter excluyente, como pueden ser la secuencia de acciones requeridas para poner en funcionamiento la simulación, y otros, no excluyentes, que siguen caminos alternativos, por ejemplo la manipulación directa de las cargas en el espacio.

Los recorridos excluyentes hacen referencia a los pasos requeridos para que la simulación funcione de manera adecuada. Un paso (acción requerida) puede consistir de una acción o de un conjunto de acciones. Por ejemplo para poner en funcionamiento la simulación se requiere ejecutar un conjunto de pasos consecutivos: a) seleccionar la simulación, b) asignar los valores a los parámetros, y c) poner en marcha la simulación. El primer paso, seleccionar la simulación (**SS**) y el último, ponerla en marcha (**IS**), requieren una sola acción: hacer clic sobre un elemento de la interfaz. Mientras que para asignar valores a un parámetro, paso b) se deben ejecutar las siguientes acciones: editar el campo (**EC**), ingresar el valor numérico (**IV**), confirmar el valor con la tecla “Enter” (**CV**) y, por último, reiniciar la simulación (**LV**), por ejemplo en la simulación S1 mediante el comando <Reset>. De esta manera la ejecución de la simulación, por ejemplo S1, determina la siguiente sintaxis: **[S1 EC IV CV LV IS]**.

Los recorridos no excluyentes involucran acciones que aleatoriamente se ejecutan para alcanzar un determinado fin, por ejemplo la manipulación de las cargas con el mouse en diferentes sentidos **MC**.

4.5.3 Preparación de los datos para el análisis. La reconstrucción del discurso en el aula

Para realizar las transcripciones se eligió el software TRANSANA³⁵, software de código abierto para análisis de datos en formato de audio y video digital. Éste software permite manejar los datos de diferentes maneras: transcribirlos, identificar clips de video que pueden ser interesantes de analizar, asignar palabras claves a los clips, organizar y reorganizar los clips, crear complejas

³⁵ Puede descargarse <http://www.transana.org/>

interrelaciones de clips relacionados, explorar relaciones entre palabras clave que se definan, compartir el análisis con otros investigadores.

La utilización de este software posibilitó la transformación de los registros para obtener las transcripciones de los diálogos que mantienen los alumnos y las acciones en pantalla que realizan mientras resuelven la tarea en forma conjunta. Es decir de lo que dicen y hacen mientras realizan la actividad.

A partir del registro de las grabaciones en audio y video de la actividad que realizaron todos los grupos de alumnos en el aula de informática, en los dos cursos que se toman como muestra, se procedió a la transcripción de los mismos.

Para la reconstrucción de los diálogos desarrollados al interior de cada uno de los casos se adoptó el estilo usual de transcripción por turnos de habla. Sin embargo, en el caso de esta investigación, a la par que se tienen los turnos de habla, el software TRANSANA nos permite reconocer y transcribir las acciones que se realizan con la herramienta. La **figura 17** muestra una imagen de la interfaz del software. Este software posibilita visualizar en una misma pantalla el vídeo, el espectro de onda que se dibuja a partir de la pista de audio del video, el área de transcripción y el área de base de datos.

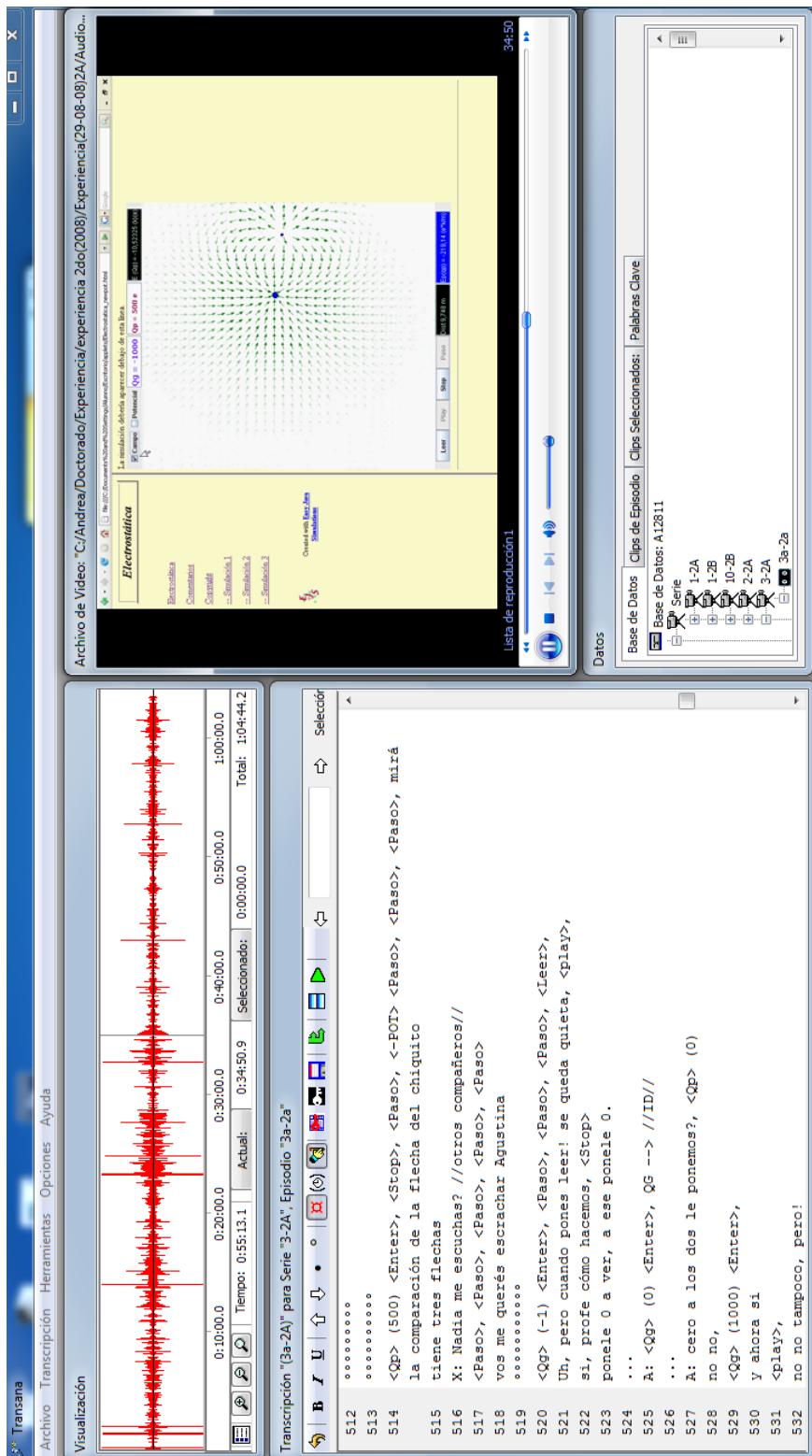


Figura 17: Imagen de la interfaz del software Transana.

El proceso de transcripción de cada uno de los casos se desarrolló en diferentes etapas, en las que se fue incorporando información con el objeto de minimizar la distancia entre el evento en sí y su transcripción.

En una primer etapa se realizó la transcripción de los diálogos que mantenían los alumnos del grupo entre sí (dos por computadora), con alumnos de otros grupos y con el docente.

En la segunda etapa se ha considerado necesario, en esta investigación, construir un mecanismo que permita representar el lenguaje digital utilizado durante la interacción.

Para representar las acciones en pantalla se ha procedido construyendo, de manera análoga a los turnos de habla, lo que hemos denominado *líneas de acción*. Una misma línea de acción puede asociarse con uno o varios turnos de habla. En términos de la situación de clase se quiere notar que mientras se dialoga acerca de lo que se hace es posible que se intercambien varios turnos de habla para ejecutar una única acción. Se agregaron de este modo al texto las acciones que los alumnos realizaban sobre la pantalla³⁶.

En la etapa siguiente, con el objeto de tornar manipulables los datos, se definieron los episodios³⁷ en el sentido que lo propone Mortimer, Massicame, Buty y Tiberghien (2007), y se identificaron turnos de habla, de escritura sobre el papel y de interacción con la simulación considerando quién de los participantes tomaba el mouse a cada momento. De esta manera se procedió a la segmentación de los registros elaborados a partir de identificar ciertas perturbaciones en la acción que posibilitaron la definición de una primer metacategoría a la que llamamos perturbaciones.

El proceso de segmentación de los registros se realizó con el soporte del software Transana. Luego, en algunas ocasiones, se trabajó con la planilla de cálculo para una mejor tabulación de los datos.

³⁶ El registro de las acciones se realizó a partir de los código que se muestran en el **ANEXO III**

³⁷ Episodios Según Mortimer y col. (2007), Un episodio es una unidad discursiva la cual constituye un conjunto coherente de acciones y significados producidos por el participante en interacción, los cuales tienen un claro comienzo y fin, y pueden ser fácilmente distinguidos de los previos y subsecuentes. El criterio de este autor enfatiza la importancia de marcas verbales y no verbales (claves contextuales) al situar los límites entre episodios. Las claves no-verbales incluyen cambios en el espacio (orientación espacial de los participantes) y en los movimientos (relacionados con los gestos y los movimientos del cuerpo). Las claves verbales toman en cuenta los cambios en: la entonación, los contenidos o temas, las interrupciones, nivel de habla, etc.

La **Figura 18** muestra una imagen de un fragmento del texto construido que contiene turnos de habla, organizados en una planilla de cálculo, en los que se registran el habla y las acciones que realizan en pantalla.

A	B	C	D
276		A	se miden
277		B	se toman en cuenta los electrones
278		A	en cantidad de electrones no en Coulomb, pero no le pongo nombre, a ver pasemos a la dos <S2>
279	E5	B	D<1451133>(0:24:11.1)pará, parámetros, qué representan?, qué representan estas unidades?
280		A	representan la distancia entre las dos cargas, ponele entre las dos cargas y el valor ... //dicta//, <VQg> (1000) <Enter, ay!, no está reset acá, marcha <Marcha>, paso <Paso>, inicio <Inicio> ah inicio!
281		B	acha!, juli pero mirá, tenemos que hacer con la simulación uno todas estas preguntas con las dos todas estas preguntas y con la tres todas estas preguntas
282		A	ah, bueno y estamos con la simulación dos
283		B	pero con la simulación 1 hicimos la a) nada más
284		A	bueno pero son parecidas, qué es marcha?, <Marcha>
285		B	no hagamos la uno toda y después pasamos a la otra
286		A	Qp --> -->, -->, pero comparémosla porque no son muy distintas, Qp -->, //alrededor de la Qg//, <Pausa>, <Paso>, <Paso>, Andrea!, Qg -->, <VQp> (10) <Enter>, <Inicio>, Qp -->, <CE>, <CE>

Figura 18: imagen de una porción de transcripción almacenada en una planilla de cálculo.

Dado que el software TRANSANA permite generar clips considerando porciones de los registros y armar conjuntos o colecciones de ellos, se utilizó esta herramienta para generar un clip con cada uno de los segmentos de interacción identificados en cada caso. Esta opción permite seleccionar diferentes clips y relacionarlos según el objetivo del análisis, se crearon los clips y se asignó una palabra clave a cada uno que representa las perturbaciones encontradas. Luego se generó, con la ayuda del software, un mapa que permite visualizar de manera gráfica las perturbaciones que originaron a cada episodio.

4.5.4 Síntesis de este capítulo

Se presentan a continuación los puntos más relevantes de este capítulo:

- La finalidad de la presente investigación es: “Estudiar los procesos interactivos que se construyen en el aula cuando se emplean simulaciones computacionales, a fin de realizar aportes al campo de la enseñanza con

tecnología, al “uso significativo” de simulaciones y al diseño de estas herramientas a partir de conocer más sobre la comunicabilidad en estos espacios”.

- Esta finalidad se concreta en acciones que posibilitan alcanzar los siguientes objetivos:
 - Describir la clase de ciencia de educación secundaria mediada por TIC a partir de estudiar el sistema de actividad (alumno-docente-herramienta-objeto) que se constituye.
 - Identificar descriptores que caractericen los procesos interactivos que se construyen en el aula y caracterizar los modos de interacción que ocurren.
 - Caracterizar los procesos de mediación semiótica que ocurren.
 - Conocer el rol de las herramientas involucradas en el proceso y que incidencia tiene desde las tres dimensiones de interacción consideradas en la dinámica del proceso.
- La investigación es abordada desde una perspectiva cualitativa, en la que se impone la visión de los sujetos. No se considera la generalización de resultados más allá de cada caso que participa del estudio.
- El principal instrumento de recogida de datos es el registro, del audio y el video del proceso seguido por cada par de estudiantes situados en una misma computadora durante la actividad en el aula de manera integrada y en formato digital.
- Se desarrolla un análisis cualitativo de los datos para construir categorías de análisis. El análisis interpretativo de la información constituye un proceso dialéctico que genera: sucesivas anticipaciones, la integración de cada vez más detalle, la vinculación con aspectos conceptuales más generales y la comprensión del significado que producen los sujetos.

CAPÍTULO 5

Visión sistémica del proceso interactivo (1er nivel de análisis)

Introducción

La transformación de los datos se ha organizado considerando las dimensiones de interacción: *digital*, *social* y *conceptual*, que determinan el accionar en los procesos educativos mediados por tecnología.

El análisis para obtener los resultados se organiza en tres bloques. Se comienza con una descripción que reproduce una visión integral del proceso interactivo, para luego avanzar a las particularidades de las tres formas de interacción y sus implicancias. Por último se analizan las influencias mutuas entre las formas de interacción.

En este capítulo se abordan los datos desde una visión sistémica con el objeto de presentar una descripción del proceso interactivo. Este abordaje permite estudiar las relaciones que se producen en el sistema de actividad “*Utilización de simulaciones sobre Electrostática en la clase de Física*”, presentado en el apartado 4.3.3 y las interacciones que se generan.

Se describe la manera en que fueron segmentados los datos a fin de manipularlos, describir una aproximación del estilo de trabajo de cada caso en base al perfil de navegación por el hipertexto, y el accionar que determina el proceso interactivo llevado a cabo.

5.1 Transformación de los datos y categorías de análisis

Como se mencionara anteriormente el objetivo de este primer nivel de análisis es elaborar una visión sistémica del proceso interactivo que permita identificar las diferentes relaciones que se establecen entre los elementos que lo componen.

Para comenzar a analizar el desarrollo de la actividad nos encontramos frente al registro desgrabado del audio y video de las situaciones de aula.

Los primeros procedimientos en esta instancia se fundaron en lecturas sucesivas que permitieron identificar la regularidad de ocurrencia de ciertas perturbaciones que determinaban un cambio en la acción, en relación con las diferentes maneras en que los sujetos se aproximan al objeto del sistema de actividad en cada momento. A continuación se presenta el primer instrumento de análisis elaborado.

5.1.1 Cambios en la acción y Segmentos de interacción.

A los fines de analizar una sesión de interacción con el empleo de un recurso digital en clase de ciencias se trató de identificar acciones que determinan cambios en el desarrollo de la actividad. Por ejemplo, acciones como la lectura de una consigna o la intervención del docente pueden producir una reorientación en la actividad. También pueden ocurrir eventos que determinen cambios en la estructura general del sistema por ejemplo un cambio de simulación (cambia el artefacto), o que se modifique la intencionalidad de la acción por un cambio de la persona que manipula el mouse (cambia el sujeto que realiza la acción), etc.

Las perturbaciones, vistas como acciones que generan cambios en la manera que los sujetos se aproximan al objeto, fueron consideradas para fragmentar los datos en un conjunto de *segmentos de interacción*³⁸. El análisis de estos segmentos permitió realizar inferencias para definir el estilo de trabajo de cada grupo.

Las acciones perturbadoras de la actividad, que fueron identificadas a partir de la lectura de todos los casos, conforman el primer instrumento de análisis para conocer el proceso. La Tabla 2 presenta las perturbaciones identificadas en el sistema de actividad, sus códigos, una breve descripción de las mismas y un ejemplo de cómo ha sido reconocida en los turnos de habla.

³⁸ Segmento de interacción hace referencia al conjunto de acciones (dialógicas e interactivas) que el sujeto realiza para lograr un objetivo determinado.

Tabla 2: Perturbaciones en el proceso interactivo para determinar la segmentación de los datos.

Código	Perturbación	Descripción	Ejemplos (Indicadores)
PIA	Inicio actividad	Se da comienzo al episodio número 0 de cada caso.	
PCS	Cambio simulación	Se carga una nueva simulación lo que origina un cambio de pantalla. Los sujetos se enfrentan a una nueva simulación del fenómeno.	- “bueno probemos con la dos <S2>” - “Pará vayamos a la situación uno y vayamos haciendo”
PLP	Lectura de nueva pregunta	Se lee una pregunta guía que aún no ha sido considerada por el par.	- “ya está, ¿qué representa la simulación?, da detalle de lo que observas” - “¿cómo se modifica la representación a medida que modificás los parámetros?” - “El modelo que presenta la simulación es el modelo que has estudiado en clase?”
PIP	Ingreso de parámetros	Se ingresan determinados valores a los parámetros que originan cambios en la meta parcial.	- “a ver pongamos una carga” - “pará que voy a poner a ver si se puede un poquito más”
PCM	Cambio en la posesión del mouse	El control del mouse pasa al otro integrante del grupo dando lugar a un cambio en la acción.	- “a ver permiso”
PID	Intervención docente	Intervención que cambia el objetivo parcial de la tarea.	- “les falta mucho”
PPA	Pedido de ayuda	Los alumnos piden ayuda al docente o algún compañero de otro grupo.	- “Profe “podés venir un segundo?”
PAS	Aplicación/Sistema	Considera aquellas situaciones en las que ocurren imprevistos relacionados con el cierre de una aplicación, ventana o interrupciones del sistema operativo que ocasionan una alteración en la secuencia de interacción.	- “segunda parte de la grabación recién se nos cortó todo” - “pará, poné ver pantalla completa”
PFA	Fin Actividad	Acciones que determinan el fin de la actividad, por ej. para guardar los archivos y entregar el texto producido.	- profe terminamos ----- - les falta mucho? - no ya terminamos - ya está ya terminamos, pará, pará que grabe esto, <FreezScreen>, <Stop>

Una vez definidas las perturbaciones se identificaron y rotularon los episodios para cada caso. Se generó una matriz y se registró, para cada caso, los segmentos originados por una acción perturbadora de la actividad y la correspondiente perturbación. Cabe destacar que también fueron identificadas algunas de estas acciones que no introducían cambios significativos en el

curso de la actividad, por ejemplo cambia quien manipula el mouse pero el par de alumnos sigue con la misma línea de razonamiento y modo de trabajo.

Para comprender los mecanismos que ponían en juego los alumnos a lo largo del desarrollo de la actividad se elaboraron mapas de la distribución temporal de los episodios identificados y la perturbación de origen. Los mapas de los segmentos de interacción se confeccionaron utilizando el software Transana que, como se mencionara antes (apartado 4.5.3), ofrece herramientas que permiten definir porciones de registros en las transcripciones y establecer relaciones entre ellos.

A continuación se presenta la aplicación del instrumento antes descripto para un caso particular.

A modo de ejemplo: Segmentos de interacción para el Caso 1

Se presentan los segmentos de interacción resultantes de las perturbaciones para el Caso 1. La actividad se desarrolló en 64 minutos pudiéndose establecer una secuencia de 17 segmentos de interacción (E0-E16) (ver **Tabla 3**).

Episodios	Perturbación
E0	PIA (Inicio de Actividad)
E1	PCS (Cambio de Simulación)
E2	PIP (Ingreso de parámetros)
E3	PLP (Lectura de nueva Pregunta)
E4	PLP (Lectura de nueva Pregunta)
E5	PLP (Lectura de nueva Pregunta)
E6	PCS (Cambio de Simulación)
E7	PCS (Cambio de Simulación)
E8	PID (Intervención Docente)
E9	PPA (Pedido de Ayuda)
E10	PCS (Cambio de Simulación)
E11	PCS (Cambio de Simulación)
E12	PIP (Ingreso de parámetros)
E13	PCS (Cambio de Simulación)
E14	PLP (Lectura de nueva Pregunta)
E15	PLP (Lectura de nueva Pregunta)
E16	PFA (Fin de Actividad)

Tabla 3: Perturbaciones que originaron cada uno de los episodios para el Caso 1.

La **Figura 19** muestra las perturbaciones que originaron el comienzo de cada uno de los episodios de este caso. En el eje horizontal se ha representado el tiempo de duración de la actividad y de cada uno de los episodios que la conforman, mientras que en el eje vertical se indican las perturbaciones que los originaron, con barras de contorno negro y relleno de diferente color para cada

una. De esta manera, cada episodio queda representado por una barra de color según la perturbación que lo origina, y cuya longitud da cuenta de su duración temporal. Las bandas del mismo color indican que diferentes episodios se han originado por la misma perturbación. En el mapa se pueden observar dos episodios con el mismo color de relleno, esto indica que el inicio se da por la presencia de la misma perturbación. Por ejemplo, el episodio *E2* (barra amarilla) que se origina a raíz del ingreso de parámetros de igual modo que el episodio *E12* que está representado por la otra barra que aparece de color amarillo. Cabe aclarar que se ha considerado que cada episodio se origina por una perturbación.

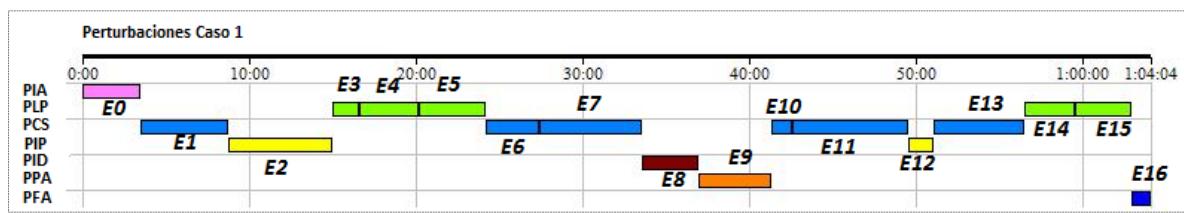


Figura 19: Perturbaciones en la acción que originaron los distintos episodios para el Caso 1. Representadas por barras que indican tipo de perturbación (color del relleno), inicio y final del episodio (contorno) y duración (la longitud de la barra).

A continuación se describen los diferentes segmentos de interacción que definen el accionar del grupo, en este caso, considerando las perturbaciones que los originaron y los registros de audio, para comprender la dinámica de las acciones desarrolladas hasta el inicio del episodio siguiente.

Para este grupo el primer episodio *E0* se inicia con la apertura del sitio que contiene a las simulaciones y la indicación del docente sobre cómo ubicarse para que el micrófono capte el diálogo. Luego, los integrantes del par comienzan leyendo el enunciado de la tarea que les ha entregado el docente en forma escrita. Continúan con la lectura de los comentarios incluidos en los nodos complementarios. Finalmente, en el último tramo de este episodio, el docente explica a toda la clase la forma de trabajo.

El próximo episodio *E1* se origina por el cambio de simulación (PCS), momento en el que deciden comenzar a leer las preguntas que orientan la tarea. Todo el episodio transcurre en la primera simulación S1, las acciones indican que las interacciones se orientan a comprender la funcionalidad de la herramienta, fundamentalmente el mecanismo de asignación de valores a los parámetros.

Esto ocasiona un primer obstáculo en la interacción que es resuelto a partir de la consulta al docente de quien reciben la explicación de cómo es el procedimiento para ingresar valores reconocidos por la simulación. Durante el resto del episodio las acciones se orientan a la compresión del fenómeno visualizado.

El avance en la comprensión de la funcionalidad de la herramienta origina un nuevo segmento de interacción *E2*. Varían los valores de las cargas (PIP) para interpretar el comportamiento de las mismas en la visualización del campo. Durante este episodio interactúan permanentemente con el docente, en un diálogo sobre la posibilidad de asignar diferentes valores a la carga de prueba. Luego, consultan sobre el contenido del visor “CE” en donde se muestra el valor del Campo Eléctrico en el lugar en donde se encuentra la carga de prueba expresado en cantidad de electrones.

El segmento *E3* comienza con la lectura de una nueva pregunta (PLP) que origina una consulta al docente sobre cómo realizar la producción.

El episodio *E4*, al igual que el episodio *E3* comienza con la lectura de otra pregunta que origina una nueva consulta al docente sobre un término. El diálogo focaliza en el concepto de parámetros y cómo estos se representan con la funcionalidad de la herramienta.

El próximo episodio *E5* se origina, luego de restablecer el sistema, con la intención de responder a la pregunta anterior. Consultan nuevamente al docente sobre la unidad de medida en que se encuentra expresado el valor de las cargas. Como puede observarse es un grupo demandante con escasa autonomía en el trabajo.

El cambio de la simulación S1 a S2 determina un nuevo segmento de interacción. En la exploración de la S2 descubren rápidamente la funcionalidad de los nuevos controles que aparecen en esta simulación y mencionan que es similar a la S1, con lo que deciden pasar rápidamente a la S3.

Se origina de esta manera el episodio *E7* en el que intentan comprender la funcionalidad de S3 e interpretar la visualización del fenómeno simulado.

Un comportamiento no esperado de la carga generadora (se ve afectada por la inclusión de la carga de prueba) ocasiona una intervención del docente que da

inicio al episodio *E8*. En este tramo del proceso interactivo se manifiesta otro de los obstáculos que moviliza a este grupo en relación con la representación de las cargas, ya que ellos esperarían que la carga no se mueva si la de prueba es cero, pero el error está en que no se realiza la lectura de los nuevos parámetros para inicializar la simulación.

En el siguiente episodio *E9* vuelven a llamar al docente porque después de haber probado con valores muy pequeños para la carga de prueba siguen percibiendo que la carga generadora no se comporta como se esperaría a partir de lo estudiado en las clases previas. En este tramo el docente vuelve a dialogar con los alumnos sobre el ingreso de parámetros y sobre cómo interpretar la visualización de la interacción.

El episodio *E10* se inicia por un cambio de escenario (PCS), vuelven a la S2 y continúan con la elaboración de la producción escrita.

En el próximo paso *E11* en la actividad vuelven a cambiar de simulación (PCS) dirigiéndose nuevamente a la S3. Dialogan con el docente en relación con la representación del potencial eléctrico y los valores que se asignan a las cargas. Al modificar los valores de los parámetros la simulación les muestra un comportamiento que no esperan entonces la actividad cambia de rumbo. Se origina el *E12* por la perturbación (PIP).

El episodio *E13* se inicia por un cambio de escenario (PCS), vuelven a la S2 para completar la tarea.

Los siguientes episodios *E14* y *E15* se originan por la lectura de preguntas. En estos episodios el accionar se encuentra relacionado a la elaboración de juicios y pruebas de hipótesis que posibilitan la elaboración de la producción de las respuestas a la tarea.

Finalmente en el episodio *E16*, fin de la actividad (PFA), los alumnos llaman al docente para cerrar las aplicaciones.

En este Caso, la evolución de la actividad es guiada por la lectura de preguntas (PLP) y por el cambio de simulación (PCS). Se identificaron dos períodos orientados por la tarea. El primero se constituye por los episodios *E3*, *E4* y *E5* mientras que el segundo se asocia a los episodios *E14* y *E15*. El período

intermedio está dedicado a la comprensión de la representación del fenómeno simulado (*E6, E7, E8, E9, E10* y *E11*).

Sólo en dos oportunidades (*E8* y *E9*) el pedido de ayuda (PPA) y la intervención del docente (PID) ocasionan cambios en la acción. Sin embargo la interacción con el docente es permanente en este caso aunque la actividad continúa con el mismo objetivo que tenía antes de cada intervención.

Segmentos de interacción en todos los casos

En este apartado se presenta una síntesis del análisis de las perturbaciones identificadas en los casos estudiados.

Para comenzar a describir el proceso interactivo se considera la extensión en el tiempo, la cantidad de intervenciones que constituyen el diálogo y la cantidad de segmentos de interacción³⁹ que conforman cada caso. La **Tabla 4** muestra, para cada uno de los 8 casos que se analizan, cuántos episodios se identifican, el tiempo que transcurre durante los mismos y la cantidad de turnos de habla registrados.

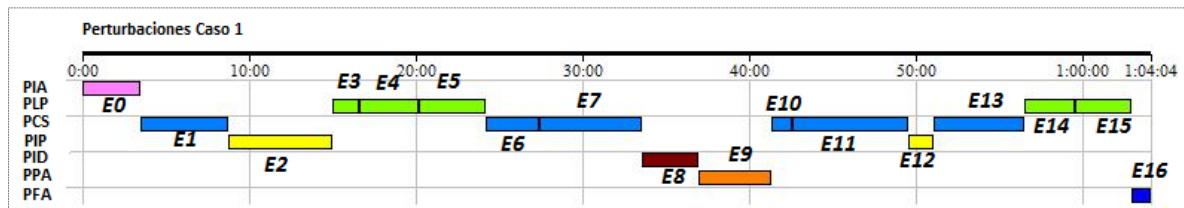
Tabla 4: Características generales de los ocho casos estudiados: cantidad de episodios, duración y cantidad de turnos de habla.

Casos	Episodios	Duración en minutos	Turnos de habla
1	17	64	687
2	17	79	726
3	17	64	676
4	10	44	343
5	18	63	683
6	15	41	565
7	16	55	663
8	17	65	568

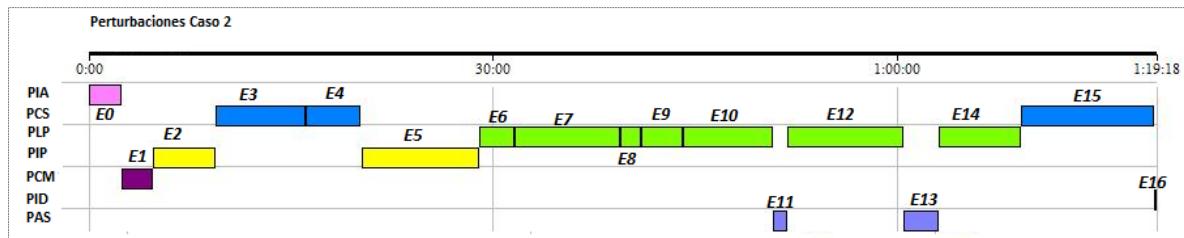
Con el objeto de visualizar en cada caso el desarrollo de la actividad, se confeccionaron mapas de perturbaciones utilizando el software Transana. A continuación se comentan y analizan los mapas elaborados.

³⁹ Recordamos que hace referencia al conjunto de acciones (dialógicas e interactivas) que el sujeto realiza para lograr un objetivo determinado.

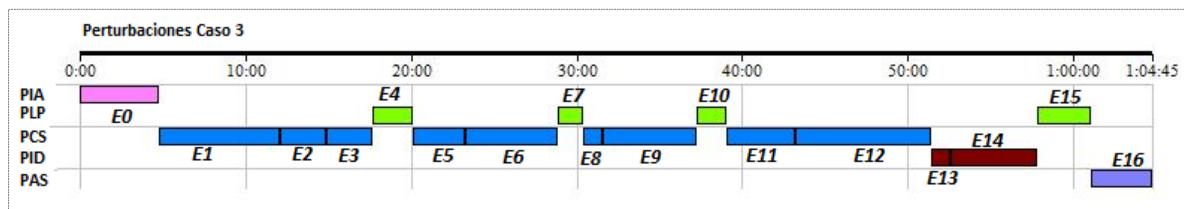
Caso 1:



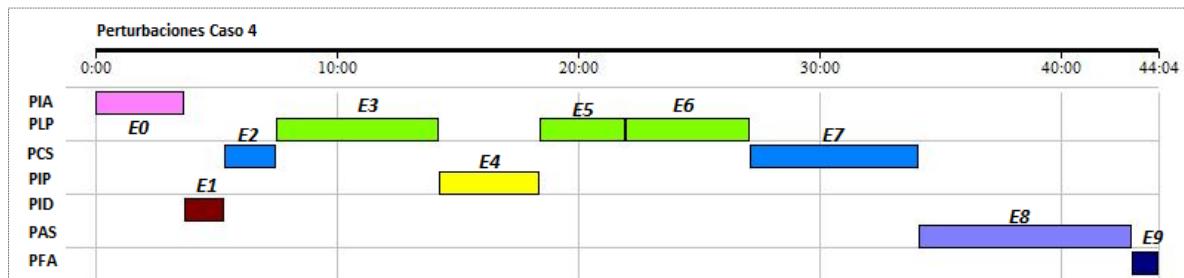
Caso 2:



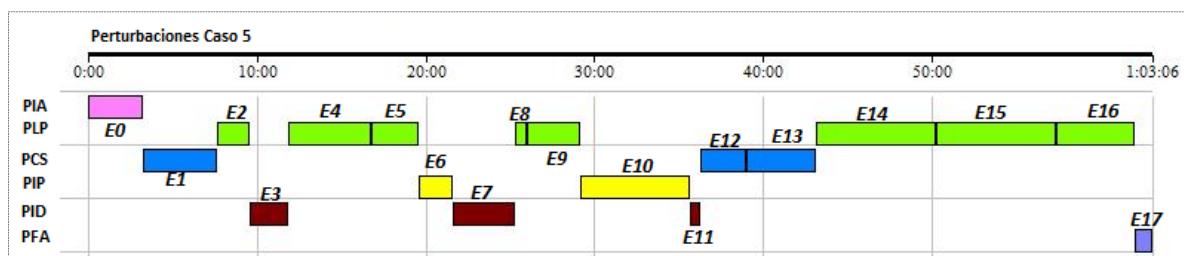
Caso 3:



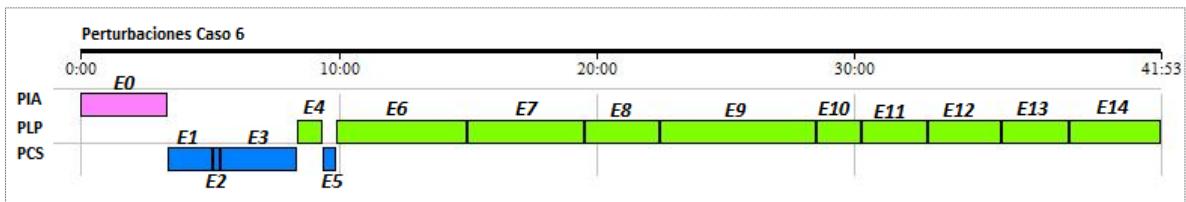
Caso 4:



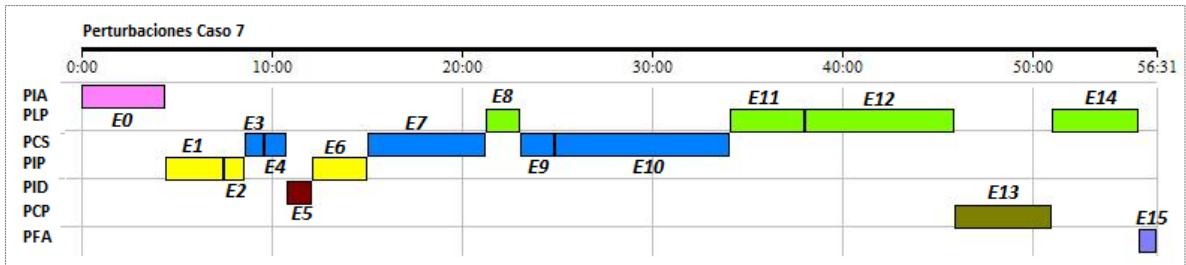
Caso 5:



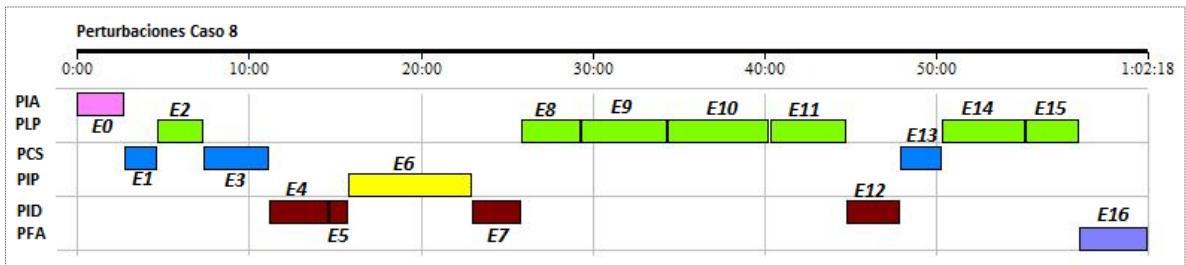
Caso 6:



Caso 7:



Caso 8:



En estos mapas se pudo identificar dos tipos de recorridos frecuentes. Uno encauzado por la lectura de las preguntas (PLP) (ver distribuciones de los Casos 2, 5, 6, 8) lo que se pone de manifiesto si se observa en los mapas que las barras verdes son aquellas que presentan mayor frecuencia. El otro recorrido es guiado por el cambio de simulación (PCS) (ver distribuciones de los Casos 1 y 3), perturbación representada con barras de color turquesa, e indica la alternancia entre simulaciones.

En el Caso 2 el recorrido a partir de la lectura de nuevas preguntas (PLP) es interrumpida por la detención del sistema operativo o la aplicación (PAS). La intervención del docente (PID), (barra de color rojo), no genera cambios en el accionar, sólo al final del proceso colabora con la finalización de tarea y el cierre de las aplicaciones.

En todos los casos, durante los 10 primeros minutos cambian de simulación. En particular, en los casos 1, 2 y 8 se observa un período de actividad

dedicado a recorrer las simulaciones y probar diferentes valores de parámetros, antes de comenzar con la tarea.

En la mayoría de los casos la actividad es promovida por la tarea⁴⁰. El objetivo de la actividad cambia a medida que van realizando la tarea. Este accionar pareciera determinado por la condición de la actividad que se corresponde con una situación escolar. Por ejemplo, en el caso 3, si bien en una primera observación de la distribución parece estar orientada por el cambio de simulación (PCS), se identifican intercaladas instancias de lectura de preguntas (PLP). Podría decirse que las preguntas orientadoras son consideradas elementos organizadores de la actividad en primera instancia; mientras el cambio de simulación aparece seleccionado como organizador de segunda instancia, es decir, para responder a cada pregunta recorren las tres simulaciones.

La escasa ocurrencia de episodios originados por un cambio de posesión del mouse (PCM) podría explicarse por una división del trabajo tácita establecida por el par de estudiantes. Las instancias de negociación de estos roles podrán considerarse una evidencia de la gestión de la actividad realizada.

Los cambios en la interacción por el ingreso de nuevos parámetros (PIP) ocurren antes de la mitad del tiempo de duración de la actividad. Los episodios definidos a partir de esta perturbación, representados con barras amarillas en los mapas, son pocos: entre 1 y 3 por caso.

En la mayoría de los casos la actividad comienza con una exploración del entorno, en 5 casos por (PCS) y en 2 por (PIP), en ninguna se inicia con la lectura de nuevas preguntas (PLP). Esto indicaría un interés de los estudiantes por conocer la herramienta antes de saber que hay que hacer, según la tarea propuesta por el docente.

La intervención del docente (PID), representada en los mapas con color lavanda, ocasiona pocas interrupciones en el proceso interactivo, en dos casos 3, en cuatro casos 1 y en un caso 0. Es importante destacar que estas observaciones se corresponden con aquellas intervenciones del docente que

⁴⁰ Es importante aclarar que la tarea hace referencia a lo prescrito, lo que hay que hacer, y la actividad es lo que efectivamente se realiza para lograr lo prescrito.

ocasionan cambio en la interacción pero nada informan de otras intervenciones ocurridas.

5.1.2 Recorrido hipertextual

Una vez que se definieron los episodios, y con el objeto de aproximarnos a la sintaxis de interacción⁴¹ que nos permita indagar sobre las secuencias de acciones ejecutadas en pantalla, se focalizó en la navegación por los diferentes nodos de información.

Para interpretar el recorrido hipertextual asociado a las acciones que realizan los estudiantes, e identificar algunas regularidades en estos recorridos se definieron los siguientes descriptores que se organizan en una tabla: *número de episodios que componen el caso, cambios en la posesión del mouse* (alumno del par que maneja el mouse en cada episodio), *cantidad de turnos de habla que ocupa cada episodio y características propias de la navegación*. Para este último descriptor se identifican: la cantidad de nodos visitados en cada episodio, los nodos visitados (C: complementarios, S1: simulación 1, S2: simulación 2, S3: simulación 3) y el motivo por el que cambian de nodo dentro del hipertexto. Los motivos identificados son: a) navegación exploratoria (NEX), cuando recorren la aplicación tratando de familiarizarse con la funcionalidad; b) navegación orientada a la tarea (NOT), cuando cambian a una nueva simulación con el objeto de completar la tarea propuesta; c) navegación para corroborar hipótesis relacionadas con la herramienta (NHH), cuando intentan corroborar el funcionamiento de las simulación y d) navegación para corroborar hipótesis relacionadas con el contenido (NHC), cuando intentan corroborar los argumentos en debate ejecutando distintas pruebas sobre las simulaciones.

A continuación se presenta la aplicación del instrumento antes descripto para un caso particular.

⁴¹ Secuencia de acciones en pantallas que se ejecutan para alcanzar un objetivo.

A modo de ejemplo: el recorrido hipertextual en el Caso 2

La **Tabla 5** muestra el recorrido hipertextual que ejemplifica la navegación para el Caso 2. Puede observarse un recorrido de carácter exploratorio por las tres simulaciones hasta el episodio *E4* en el que comienza la elaboración de las respuestas. A partir de este instante la navegación es orientada por la tarea (NOT), los nodos se visitan mayoritariamente con la intencionalidad de responder a las preguntas que guían la actividad (ver celdas de bordes resaltados en la tabla).

De acuerdo a la cantidad de veces que se visita cada simulación (ver columna Nodos) se consideró que la navegación es moderada. Las simulaciones se visitan según un orden aproximadamente lineal: comienzan por S1 (visitas marcadas con color violeta, luego pasa a S2 (visitas marcadas de color verde) y por último a S3 (visitas marcadas de color naranja). Permanecen en la S1 hasta el episodio *E10* que inician la visita al resto de las simulaciones (S2 y S3) para completar la tarea y responder las preguntas. Interactúan con S1 la mayor parte del tiempo. En el episodio *E15* vuelven a realizar una visita de carácter exploratorio por las simulaciones y los nodos de información, con el objeto de encontrar, en alguno de estos nodos, información que les ayude a escribir acerca de lo que la simulación representa.

El alumno A comienza a interactuar con la herramienta para luego compartir el mouse con B. El cambio permanente en la posesión del mouse indicaría que los dos estudiantes se involucran de manera similar en la tarea, por tanto puede decirse que el proceso interactivo informa sobre la actividad del grupo y que la construcción de conocimiento estaría distribuida, imposibilitando la individualización de qué conocimiento ha sido apropiado por cada uno.

La producción escrita es realizada de manera exclusiva por el estudiante A.

Tabla 5: El recorrido hipertextual para el Caso 2. **NEX:** navegación exploratoria; **NOT:** navegación orientada a la tarea; **NHH:** navegación hipótesis sobre la herramienta; **NHC:** navegación hipótesis sobre el contenido.

Episodios Caso (2-2A)	Posesión del mouse	Turnos de habla	CARACTERÍSTICAS DE LA NAVEGACIÓN								
			Cantidad nodos	Nodos				Motivos del cambio de nodo			
				C	S1	S2	S3	NEX	NOT	NHH	NHC
E0	A	23	2	x				o			
				x				o			
E1	A y B	44	5				X	o			
						X		o			
				x				o			
				x				o			
				x				o			

				x		o			
E2	A y B	64	0						
E3	A y B	84	1		X	o			
				x					
				x					
E4	B	51	6						
				x					
				x					
				x					
E5	A y B	83	1		x				
E6	-----	26	0						
E7	B	60	0						
E8	B	14	1		x				
E9	-----	22	0						
E10	B y D	38	1			X			
E11	A	15	0						
E12	B	67	1			X			
						X			
E13	B	28	3						
						X			
						X			
E14	B	47	1				X		
							X		
E15	A y B	56	7						
				x					
				x					
				x					
				x					
E16	B	4	0						
Totales		726	29	7	9	6	7		

Estilos de Navegación

A partir de los recorridos hipertextuales fue posible definir **estilos de navegación** que se corresponderían con diferentes modos de interacción. Este sería un elemento más a considerar para comprender el estilo de trabajo que desarrolla cada grupo.

Los estilos se definieron en función de la navegación que se presenta en cada caso, reflejada por el instrumento “Recorrido hipertextual”.

A modo de ejemplo, la **Tabla 6** muestra el Recorrido hipertextual del Caso 1. Para determinar el tipo de recorrido seguido se consideran las veces que se visita cada simulación con la intención de realizar la tarea y se desestiman los nodos visitados por otro motivo, por ejemplo en el episodio E8 se vuelve a la S2 con motivo de corroborar una hipótesis en relación con el contenido. Se determinan posibles secuencias que se repiten a lo largo de la trayectoria, que son señaladas con elipses de color verde. Las elipses azules señalan la cantidad de nodos visitados durante la secuencia.

De manera global se puede decir que el cuadro evidencia un recorrido lineal.

Tabla 6: Recorrido hipertextual para el Caso 1

Episodios caso (1-2A)	Posesión del mouse	Turnos de habla	NAVEGACIÓN								
			Cantidad nodos	Nodos			Motivos del cambio de nodo				
				C	S1	S2	S3	NEX	NOT	NHH	NHC
E0	B y A	27	2	x				o	o		
E1	A	53	3	x	x				o	o	o
E2	A	80	0								
E3	---	18	0								
E4	A y B	54	1		x				o		
E5	A y D	46	1		x				o		
E6	A	22	0								
E7	A	57	1			x			o		
E8	A y B	27	1		x					o	
E9	A y B	45	0								
E10	B	14	0								
E11	A	57	1			x					
E12	A	20	0								
E13	A	68	0								
E14	---	45	0								
E15	A	40	0								
E16	D	18	0								
Totales		688		10	3	3	2	2			

La

Tabla 7 muestra otro ejemplo (Recorrido hipertextual del Caso 8) observándose un estilo diferente al anterior. En este Caso se identificaron tres tipos de secuencias, indicadas con círculos de color verde, violeta y rojo, que se repiten a lo largo de la actividad.

También se incrementa la cantidad de nodos visitados en relación a la cantidad de turnos de habla, señaladas con círculos de color azul.

Tabla 7: Recorrido hipertextual del Caso 8.

Episodios caso (9-2B)	Posesión del mouse	Turnos de habla	NAVEGACIÓN								
			Cantidad nodos	Nodos				Motivo del cambio de nodo			
E0	B	23		C	S1	S2	S3	NEX	NOT	NHH	NHC
		13		x			o				
E1	A y B	20		x				o			
				x	x	x	x	o	o	o	o
E2		26	0								
			7	x	x	x	x	o	o	o	o
E3	B y A	39			x	x	x	o	o	o	o
				x	x	x	x	o	o	o	o
E4	A	32	5		x	x	x	o	o	o	o
				x	x	x	x	o	o	o	o
E5	A	14	1								
E6	A y B	53	2		x	x	x	o	o	o	o
E7	A	29	2		x	x	x	o	o	o	o
E8	A y B	36	0								
E9		42	0								
E10	A	42	5		x	x	x	o	o	o	o
				x	x	x	x	o	o	o	o
E11	A	29	6		x	x	x	o	o	o	o
				x	x	x	x	o	o	o	o
E12	B	45	0								
E13	A	16	1								
E14	A	42	5		x	x	x	o	o	o	o
				x	x	x	x	o	o	o	o
E15	A	47	0								
E16	A	33	0								
Totales		568	48	1	18	12	17				

Para definir los estilos se analizan los casos en función de sus recorridos hipertextuales. En la **Tabla 8** se sintetiza este análisis, indicando las secuencias identificadas.

Tabla 8: Secuencias de navegación identificadas y cantidad de veces en que fueron seguidas en cada uno de los Casos estudiados.

Caso	Secuencias identificadas					
	S1 S2 S3	S1 S2	S1 S3	S2 S3		
1	1				1	
2		1			2	
3	4					
4	1					
5	1					

Caso	Secuencias identificadas			
6	3	1	2	4
7	4	4	12	
8	7	3	8	
	21	9	22	7

Las secuencias más frecuentes son S1-S2-S3, que sigue el orden establecido por la secuencia didáctica, y la S1-S3. A la primera se la puede denominar “navegación preestablecida”; mientras que la segunda en la segunda se desestima el paso por S2, lo que podría interpretarse que se debe al reconocimiento de similitud entre S2 y S3 siendo la primera un caso particular de S3 cuando no se visualiza el potencial eléctrico.

A partir de este mapeo fue posible definir la relación secuencias-cantidad de nodos visitados que determinan los cuatro estilos siguientes:

Estilo A: recorrido lineal por las tres simulaciones. Es una navegación que avanza en el orden natural de S1 a S3. La cantidad de nodos visitados en relación con la cantidad de turnos de habla es reducida. Los Casos 1, 4 y 5 presentan este estilo de navegación.

Estilo B: recorrido lineal por las tres simulaciones con visitas frecuentes a los nodos complementarios (Nodos de tipo C). El Caso 2 es el único que presenta este estilo.

Estilo C: recorrido secuencial. El recorrido se repetirse a medida que avanza el proceso interactivo. Por ejemplo, la secuencia S1-S3 y S1-S2 en el Caso 8 (ver

Tabla 7), marcadas con círculos de color violeta y verde respectivamente. La cantidad de nodos visitados es relativamente mayor en relación con el tiempo que dura el proceso. El motivo por el que cambian permanentemente de nodo es que comparan el funcionamiento de las simulaciones en algunos casos (NHH) o intentan corroborar hipótesis sobre el fenómeno que se estudia (NHC). Los Casos 6, 7 y 8 presentan este estilo de navegación.

Estilo D: Se realiza un recorrido secuencial por las tres simulaciones que se repite a medida que se avanza en el desarrollo de la actividad, a la par que se resuelven las preguntas guías. El recorrido por las tres simulaciones se manifiesta secuencialmente pero se sigue un orden lineal dentro de la secuencia (S1 S2 S3). Es decir recorren las tres simulaciones para contestar a cada una de las preguntas. La cantidad de nodos visitados es menor en relación con el tiempo que dura el proceso. El Caso 3 es el único asociado a este estilo.

A modo de síntesis de los estilos identificados se presenta el siguiente cuadro (**Cuadro 5**) que muestra las características de navegación para cada uno de ellos.

Cuadro 5: Estilos de navegación identificados y sus características.

Características	Recorrido	Estilos de navegación			
		A	B	C	D
	Cantidad de nodos visitados	Coincide con cantidad de simulaciones	Cantidad de simulaciones más nodos complementarios	Se asocian en grupos de secuencias aleatorias que se reiteran.	Se asocian en grupos de secuencias (que al interior son lineales) y se repiten tantas veces como preguntas tiene la tarea
	Criterio que orienta la navegación	Ordinal	Ordinal	Contenido o herramienta	Tarea

Este cuadro podría estar indicando cierto grado de compromiso con la propuesta de trabajo. En los estilos A y B se limitan a visitar las tres simulaciones, en el orden que lo propone la tarea. El estilo C es un poco menos complejo en cuanto a lo estructural, se “aferran” al contenido o a la herramienta

y no llegan a reconocer como orientador a la tarea. El Estilo D da cuenta de grupos que pueden establecer relaciones de trabajo de diferentes niveles (al interior siguen una linealidad) y desde un punto de vista más estructural no pierden de vista que la actividad debe responder a una tarea propuesta.

La **Tabla 9** presenta los estilos de navegación que se asocian a cada uno de los casos estudiados:

Tabla 9: Estilos de navegación asociados a los casos estudiados

Caso	Estilo Navegación	Cantidad nodos visitados	Cantidad turnos de habla	Duración en minutos
1	A	10	688	64
2	B	29	726	79
3	D	19	676	64
4	A	10	343	44
5	A	18	683	63
6	C	39	565	41
7	C	48	663	56
8	C	48	568	62

No parece casual que el estilo D, presentado como el más completo y complejo se identifique en un solo caso. Aunque se presenta como alentador que el estilo C (orientado por contenido y herramienta) sea representativo de la mitad de los casos. Si se considera que el estilo D podría ser el apropiado existiría un 50% de los casos (identificados con el estilo C) que estaría en proceso de llegar a adoptar una metodología de trabajo de tipo D.

5.1.3 Evolución del Sistema de actividad (Acciones/Operaciones)

Una vez identificadas las acciones que producían cambios en el curso de la actividad y los estilos de navegación se intentó identificar aquellos elementos que ofrecieran indicios sobre el modo en que se desarrolla la actividad.

Retomando las consideraciones teóricas sobre los SA (expuestos en el apartado 3.3, pág. 98) es de destacar que las transformaciones del objeto ocasionan cambios en la actividad. Estos cambios se explicitan en *acciones y operaciones* que caracterizan la dinámica de desarrollo de la actividad que determinan un estilo de trabajo particular en cada grupo. Entonces la actividad puede ser estudiada a partir de la interacción de los estudiantes con la herramienta, con el contenido y con los otros sujetos que participan de la clase.

Con estas consideraciones se construye la meta-categoría *Acciones* que abarca las acciones y las relaciones de los sujetos (par de estudiantes) que definen la actividad. Las acciones se registran a partir de los discursos mantenidos en cada caso. En ellos, el habla es considerada como un todo formado por lo que se dice y lo que hace en relación con la actividad. En ese decir y/o hacer se involucran una o varias de las dimensiones de interacción (lo digital, social y el contenido), consideradas ejes para la visualización del proceso que se estudia.

Las acciones que componen una actividad se agrupan en diferentes categorías. Ellas son: *Exploración, Gestión de Actividad, Identificación y Superación de obstáculos, y Relación con otros sujetos que participan de la actividad.*

La **categoría exploración** puede adoptar alguno de los siguientes valores: exploración de la funcionalidad de la herramienta (EFH), exploración de la simulación del fenómeno (ESF) y exploración del contenido escolar (ECE). Los valores (EFH) y (ESF), pueden considerarse categorías crecientes en complejidad por el tipo de acciones que involucran. En el primer caso la exploración de la funcionalidad de la herramienta (EFH), considera aquellas acciones que se ejecutan en base a conocimientos previos de otras herramientas informáticas, quizás para conocer la función asociada a cada uno de los elementos de la interfaz. Mientras que la (ESF) considera acciones en las que se comienza a involucrar el conocimiento previo en relación al contenido y se han automatizado algunas de las operaciones que involucran el manejo de la simulación. Un tercer valor para la categoría Exploración (ECE) considera los juicios de valor y acciones relacionados con el contenido escolar. Como investigadores educativos podemos decir que sería deseable que esta categoría presente algún indicio de evolución en el tipo de juicios que se vayan elaborando durante el transcurso de la actividad. Si la exploración siguiera la secuencia de orden descripta hasta el momento podría ser considerada un indicador de la evolución de la actividad. Un proceso en el que cambia el centro de atención u objetivo parcial de la actividad: al inicio se indagan las posibilidades de la herramienta para luego hacerlo acerca del fenómeno

simulado y finalmente, en la medida que se apropien de este conocimiento, se comienza a indagar el contenido.

Después de la exploración de la herramienta se identifica un momento donde dejan de explorar y empiezan a gestionar la resolución de la tarea y cómo se manipulan las herramientas. Se definieron tres valores para la **categoría Gestión de la Actividad** según el instrumento principal de mediación: Tarea (GAT), herramienta (GAH) y producción escrita (GAP).

Según el orden de aparición en que estos valores se sucedan se puede inferir el tipo de evolución de la gestión. Así, sería esperable que GAH tienda a estar ausente sobre el final de la actividad, puesto que a esta altura ya deberían manejar la herramienta. Por otro lado la (GAP) tendría que aparecer una vez que se hayan automatizado ciertas acciones que se relacionen con la herramienta y que se haya alcanzado un nivel de comprensión del fenómeno que posibilite la elaboración de argumentos, la negociación de significados y la construcción compartida, procesos que tiene que transitar el par de alumnos para realizar la producción conjunta.

El modelo de evolución del proceso es un referente que no puede identificarse replicado en cada uno de los casos estudiados ya que los mismos mostrarán discontinuidades en ambas direcciones originados por contradicciones internas o externas (ver apartado 3.3, p. 98) del sistema de actividad en permanente cambio.

La **categoría Identificación de Obstáculos** considera aquellas acciones en las que se hace explícito, en el decir o en el hacer, la presencia de un acontecimiento que representa un obstáculo a la interacción. Según el origen del obstáculo se definieron los siguientes valores para esta categoría: procesamiento de datos (OPD); representación del contenido (ORC); resolución de la tarea (ORT); funcionalidad de la herramienta (OFH).

Para destacar momentos de continuidad en la interacción con la herramienta también se reconocieron y consideraron aquellas acciones que explicitan la superación de obstáculos al comprender la funcionalidad de la herramienta. Se definió la **categoría Superación de obstáculos** en relación con la herramienta (SOF).

Por último se consideraron las acciones que muestran la relación del sujeto de la actividad (par de estudiantes) con otros sujetos participantes como el docente y otros compañeros de clase que forman parte de otros grupos de trabajo. Para estudiar la dimensión social se definió la **categoría Relación con otros** y se la caracterizó en base a las relaciones: sujeto-docente y sujeto-pares. En el primer caso, esta categoría puede tomar los siguientes valores dependiendo de quién inicia el intercambio (sujeto o docente) y cuál es el instrumento de la actividad (tarea, contenido y herramienta) sobre el que versa el intercambio. Así, si el intercambio es iniciado por el docente los valores de la categoría son: intervención del docente con la tarea (IDT), el contenido (IDC) y la herramienta (IDH); mientras que si se corresponde con una consulta al docente las opciones son: CDT, CDC, CDH.

Para el intercambio entre estudiantes de distinto grupo (distinto sistema de actividad) se identificaron situaciones de diálogo con pares de otros grupos en relación con la tarea (DPT), diálogo con pares de otros grupos en relación con la herramienta (DPH) y diálogo con pares de otros grupos en relación con el contenido escolar (DPC).

En el **Cuadro 6** se presenta una síntesis de las categorías definidas para la meta-categoría *Acciones*, los valores que toman, su codificación y una breve descripción de los indicadores asociados a cada una de ellas a fin de facilitar la comprensión del análisis de los casos que se desarrolla a continuación.

Cuadro 6: Categorías de acción identificadas, valores que toman e indicadores.

Acción	Valores	Código	Descripción de la categoría e indicadores.
<i>Explorar</i>	<i>Funcionalidad de la Herramienta.</i>	EFH	<p>Exploran el entorno para conocer la funcionalidad de la herramienta.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ mueven las barras, ▪ descubren controles, ▪ reconocen un nuevo objeto en la interfaz, ▪ recorren los nodos de información, ▪ recorren las simulaciones aleatoriamente, ▪ ingresan valores en los campos editables, ▪ toman y desplazan los objetos. ▪ prueban secuencias de interacción, (accionan controles)
	<i>Simulación del Fenómeno</i>	ESF	Exploran la simulación para comprender el fenómeno que se estudia.

			<ul style="list-style-type: none"> Visitán los nodos de Comentarios para determinar el rango de los valores de los parámetros. Ingresan valor de parámetro con un determinado criterio (en relación a lo que se les propone en comentarios o a la relación que creen pueden tener estos datos), mueven las cargas para ver qué ocurre con las flechas que se dibujan, prueban secuencia de interacción para ejecutar la simulación. redefinen parámetros para probar hipótesis Corroboran hipótesis en relación al funcionamiento de la herramienta.
	<i>Contenido Escolar.</i>	ECE	<p>Exploran el conocimiento escolar a partir del fenómeno simulado.</p> <ul style="list-style-type: none"> Ingresan valores de parámetros buscando un resultado para responder a las preguntas. Corroboran hipótesis en relación al conocimiento. Elaboran juicios (afirmaciones), en relación al conocimiento, según como interpretan lo que la simulación está representando.
<i>Gestionar la actividad</i>	<i>En relación con la tarea.</i>	GAT	<p>Gestionan la actividad en relación a cómo proceder con la tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dialogan sobre dónde responder a las preguntas. Determinan que algo no se puede hacer en relación al contenido (carga de prueba negativa) Leen el enunciado de la tarea y las preguntas. Proponen anotar algo para no olvidarse. Leen el material de clase. Consultan el cuaderno de tareas. Revisan actividades previas.
	<i>En relación con la Herramienta</i>	GAH	<p>Gestionan la actividad en relación a cómo interactuar con la simulación.</p> <ul style="list-style-type: none"> Proponen el ingreso de un determinado valor. Proponen ejecutar/accionar un control. Acuerdan qué valor de parámetro ingresar.
	<i>En relación con las producción de la Tarea.</i>	GAP	<p>Realizan acciones para concretar la producción escrita que se les solicitará.</p> <ul style="list-style-type: none"> Elaboran el texto con las respuestas a las preguntas guías. Leen lo que escriben Dialogan sobre cómo o qué contestar
<i>Identificar Obstáculos</i>	<i>En relación con el Procesamiento de Datos</i>	OPD	<p><i>Manifiestan una dificultad en relación al Procesamiento de los Datos que ingresan.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Reconocen que la simulación retorna al estado establecido por defecto, mientras lo esperado es que conserve un estado anterior en la navegación. reniegan de la necesidad de hacer ENTER cada vez que ingresan un valor.

			<ul style="list-style-type: none"> Identifican un problema con el hardware. Por ej. la memoria de la computadora (“<i>va lento porque no tiene memoria</i>”)
	<i>En relación con la Representación del Conocimiento</i>	ORC	<p><i>Manifiestan la presencia de Obstáculos en relación con la Representación del Conocimiento.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Descubren algo que la simulación no está considerando (visualización). No comprenden algo que ven por ej. POT o valores que cambian solos (Campo y Potencial). No pueden ver lo que ven otros.
	<i>En relación con la producción de la Tarea</i>	ORT	<p>Manifiestan la presencia de Obstáculos en relación con la producción escrita.</p> <ul style="list-style-type: none"> Consideran que ya han respondido a la pregunta que están leyendo con anterioridad.
	<i>Con relación a la comprensión de la Funcionalidad de la Herramienta</i>	OFH	<p>Identifican o manifiestan problemas de comunicabilidad con la Interfaz.</p> <ul style="list-style-type: none"> No comprenden ingreso y lectura de parámetros. No comprenden la funcionalidad de un control (Paso, Reiniciar, Leer, etc.) No comprenden la secuencia de interacción (controles) para ejecutar la simulación.
<i>Superar obstáculo</i>	<i>En relación con la Funcionalidad de la Herramienta</i>	SOF	<p>Los alumnos superan obstáculos relacionados con la Funcionalidad de la Herramienta.</p> <ul style="list-style-type: none"> Reconocen error en el ingreso de parámetros (funcionalidad) Identifican o reconoce campo no editable (funcionalidad) Reconocen una secuencia de interacción (funcionalidad) Por ej. la funcionalidad de la tecla Leer.
<i>Relación del sujeto (par de estudiantes) con otros (docentes y compañeros de clase)</i>	<i>Consulta al docente sobre la tarea</i>	CDT	Consultan al Docente en relación con la Tarea.
	<i>Consulta al docente sobre la herramienta</i>	CDH	Consultan al Docente en relación con la Herramienta.
	<i>Consulta al docente sobre el contenido.</i>	CDC	Consultan al Docente en relación con el Contenido.
	<i>Intervención docente en relación con la Tarea.</i>	IDT	<p>Atienden⁴² a la docente que interviene para conocer cómo se desarrolla la tarea.</p> <ul style="list-style-type: none"> cómo tienen que trabajar. cómo tiene que ser la producción a entregar.
	<i>Intervención docente en relación con la</i>	IDH	Interviene para conocer si se ha comprendido la funcionalidad de la herramienta o para ayudar en

⁴² Atienden, se hace referencia al hecho que el alumno escucha y toma en consideración la sugerencia u re-orientación del docente para reelaborar su razonamiento y actuar en consecuencia.

	<i>Herramienta.</i>		relación a esto. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cómo se ingresan los datos en los campos editables. ▪ Cómo se inicializan los parámetros.
	<i>Intervención docente en relación con el Contenido Escolar.</i>	IDC	Dialogan con el docente que interviene para conocer la situación de los alumnos en relación al conocimiento escolar. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Qué han podido visualizar. ▪ Cómo se relaciona con lo visto antes en clase.
	<i>Diálogo con Pares de otros grupos en relación con la tarea.</i>	DPT	Dialogan con Pares de otro grupo en relación con la Tarea. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se preguntan cómo resolver la tarea ▪ Dialogan sobre cómo se han manejado
	<i>Diálogo con Pares de otro grupo en relación con la Herramienta.</i>	DPH	Dialogan con Pares de otro grupo en relación con la Herramienta. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se preguntan que han podido visualizar ▪ En qué simulación están trabajando ▪ Qué es lo que están visualizando y cómo lo lograron.
	<i>Diálogo con Pares de otro grupo en relación con el Contenido.</i>	DPC	Dialogan con Pares de otro grupo en relación con el Contenido. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consultan sobre las unidades de medida de los conceptos que se están manejando.

La construcción de las categorías implicó un proceso complejo que involucró varias instancias de relectura de los episodios y reelaboración de los alcances de cada categoría así como de lo que se considerarían sus indicadores. Luego de ello, fue factible el etiquetado de los registros que conformaron los diferentes episodios.

Dado que las categorías no son excluyentes un mismo turno de habla (o grupo de ellos) puede ser etiquetado por más de un código. La **Tabla 10** presenta un extracto de la transcripción (turnos de habla 209 y 211) del Caso 2 a los que se les han asignado más de una categoría.

Tabla 10: Extracto de la transcripción del Caso 2 (turnos del 209 al 211). TABLA

Turno de habla	estudiante	Transcripción	Categorías de Acción
209	B	porque son muy grandes los valores, vamos a poner 30 y 50, menos 30 y 50 <VQg> (-30) y 50 <VQp> (50) <Enter>, <VQg><Enter>, <Paso>, <Paso>, <Marcha>, mirá acá pasa lo mismo es como que se repelen pero, ... <Paso>, <Paso>, <Paso>, acá se están moviendo las dos, se mueven, esta se	(ECE, GAH, ESF)

		<i>quedaba quieta porque eran muy</i>	
210	A	<i>a ver poné marcha</i>	(GAH)
211	B	<p><i>se están moviendo las dos porque la carga G es más chica, es más no no se, no se porque se mueven las dos!, ah, porque como ay ya entendí, porque suponete que acá la carga G es negativa pero si le sacás el negativo vos como que, o sea sacándole como que negativo es mucho menor y que vos suponete cuando tenés menos 550 es más grande que tener menos 30 porque se están atrayendo.</i></p> <p><i>cuando la carga G es menor a 50 , a la carga p ahí a carga G se mueve, pero cuando es mayor la carga G no se mueve. si suponemos que menos 330 <VQg> (-330) <Enter>, es más grande que 50 o sea sacándole el menos, suponete que ahí, <Reset>, cheee!! se movieron, no dije nada!, se sigue moviendo, no entiendo porqué antes no se movía!, ah porque no puse inicio ahí está, <Inicio>, a ver, ves y ahí se queda quieta porque es mayor.</i></p>	(ECE, ESF, SOF)

En el turno 209 se emite un juicio que relaciona el comportamiento de las cargas con sus valores (“*porque son muy grandes los valores*”) al que le asignamos la categoría “Exploración del conocimiento escolar” (ECE), luego proponen el ingreso de nuevos valores (...“*vamos a poner 30 y 50, menos 30 y 50*”) que es categorizado como “Gestión de la actividad en relación a la interacción con la herramienta” (GAH). A continuación vuelven a explorar el conocimiento escolar, emiten juicio sobre el comportamiento de las cargas que se extiende hasta el final del turno, lo que es categorizado como (ECE) (“*mirá acá pasa lo mismo es como que se repelen pero,..., acá se están moviendo las dos, se mueven, esta se queda quieta porque eran muy*”). En este tramo también se realizan acciones de interacción con la simulación lo que determina la asignación de la categoría “Exploración de la simulación del fenómeno” (ESF), (“...<VQg> (-30) y 50 <VQp> (50) <Enter>, <VQg><Enter>, <Paso>, <Paso>, <Marcha>..., <Paso>, <Paso>, <Paso>, <Paso>, ...”). Al continuar con el siguiente turno (210) puede verse que la acción se corresponde con una propuesta para accionar un control lo que se corresponde con la categoría GAH. El turno 211 (**Tabla 10**), que es más extenso, contiene emisión de juicios en relación al comportamiento de las cargas (ECE), acciones de exploración de la simulación (ESF) y la explicitación de la superación de un obstáculo en relación con la funcionalidad de la herramienta (SOF) reconocen error en el ingreso de parámetros: (“*no entiendo por qué antes no se movía!, ah porque no puse inicio ahí está, <Inicio>, a ver, ves y ahí se queda quieta porque es mayor.*”).

A los fines de obtener una visualización de las acciones desarrolladas por el grupo se elaboró un mapa temporal de las categorías identificadas en los registros obtenidos para cada caso.

A continuación se describe, a modo de ejemplo, el análisis realizado empleando las categorías descriptas en función de la ubicación temporal en el

desarrollo de la actividad. Luego se presenta un análisis comparativo entre casos de la distribución de las acciones.

A modo de ejemplo: Las acciones para el Caso 1

La **Figura 20** permite visualizar la distribución de las Acciones realizadas durante el desarrollo de la actividad en el Caso 1. En el eje horizontal se representa en minutos el tiempo y en el eje vertical las acciones identificadas en cada episodio. Se han utilizado barras de colores para identificar las diferentes acciones en cada episodio. El mapa se puede analizar desde una lectura horizontal que permite observar la presencia y frecuencia de una acción en el tiempo y desde una vertical que permite caracterizar un episodio de acuerdo a las categorías de acciones identificadas. Como se muestra en la **Tabla 4**, en este caso la actividad se realizó en 64 min y se identificaron 17 episodios.

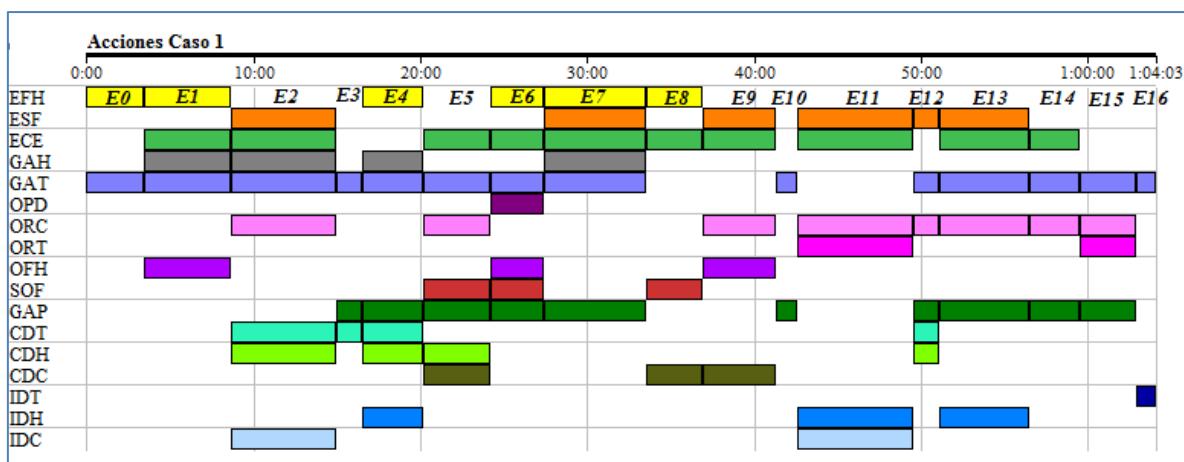


Figura 20: Mapa que muestra las acciones que conforman la actividad para el Caso 1.

Para describir este caso se comienza con la lectura de cada una de las acciones identificadas y su desarrollo en el tiempo.

En la primera mitad de la actividad predomina la categoría EFH mientras que en la segunda mitad predomina la categoría ESF. En ambos tramos la exploración es acompañada por la exploración del conocimiento escolar. Sólo en un episodio ocurren los tres tipos de exploración a la vez.

La exploración de la funcionalidad de la herramienta (EFH), barras de color gris, ocurre durante la primera mitad de la actividad. A partir de ese momento podría inferirse que el nivel de comprensión de la funcionalidad de la herramienta alcanzado por los estudiantes les posibilita avanzar en la exploración de la simulación del fenómeno (ESF, representadas con barras de color amarillo), que comienza alrededor del minuto 10. La elaboración de argumentos en relación al conocimiento (ECE, barras de color celeste) se presenta desde el comienzo del proceso (E1) y es prácticamente una acción permanente durante toda la actividad.

La gestión de la tarea (GAT, barras de color verde) y la gestión del uso de la herramienta (GAH) (barras de color naranja) son constantes durante toda la actividad y muestran el compromiso del par, con la tarea propuesta. A partir del minuto 15 comienzan a elaborar las producciones escritas con la respuesta a la tarea (GAP) representadas con barras de color verde oscuro.

A lo largo del desarrollo de la actividad se identificaron obstáculos de distinta índole, con mayor frecuencia los asociados a la representación del conocimiento (ORC, barras de color violeta).

La interacción con el docente es frecuente durante la mayoría de los episodios por los que transcurre la actividad y puede observarse que la mayoría de las veces la interacción se da por consultas de los alumnos (CDT, CDH, CDC). En tres oportunidades es el docente quien comienza el diálogo esto puede observarse en los episodios E11, E13 y E14 y lo hace en relación con la herramienta en dos oportunidades (barra de color lavanda en los episodios E11 y E13) y en otra oportunidad en relación con tarea (IDT), representada con barras de color marfil, en el episodio E16. Cabe notar que si bien el docente en muchas instancias realizó intercambios con este grupo, solo una motivó una modificación del rumbo de la actividad.

Se muestra a continuación los diferentes momentos por los que transita la actividad y el cambio de objeto a medida que se desarrolla. Herramienta, contenido y tarea son los objetos que motivan las acciones. La **Figura 21** es un extracto del mapa de acciones del caso 1 (Figura 4) donde se presentan sólo las acciones que se relacionan con la herramienta.

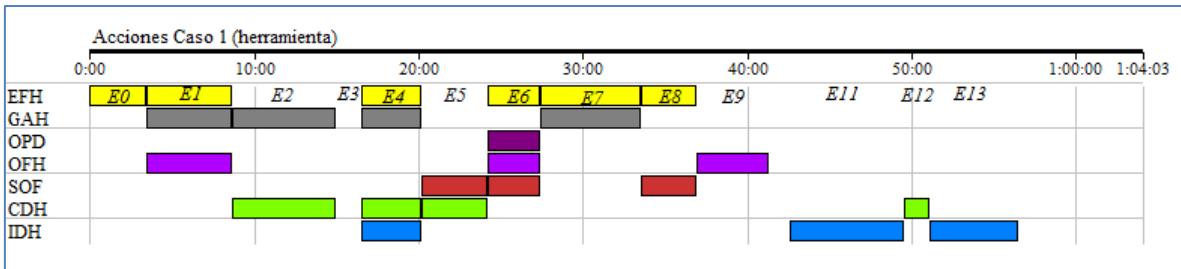


Figura 21: Acciones del Caso 1 relacionadas directamente con la herramienta.

Acciones de Exploración y Gestión de la herramienta (EFH y GAH) son realizadas sólo durante la primera mitad de la actividad. En este espacio temporal también se identifican obstáculos en relación con la funcionalidad de la herramienta (OFH), reconocidos en tres oportunidades. También en este período inicial se dan la mayor cantidad de consultas al docente para comprender la funcionalidad. Todo indica que la primera mitad de la actividad está fuertemente relacionada con la herramienta. Esto se puede considerar un indicador del cambio de significado de la herramienta para los estudiantes, de ser el objeto de la actividad para transformarse en un instrumento de actividad que les permitirá revolver la tarea (apartado 2.4.2, p. 48).

Para analizar las acciones de la actividad relacionadas con el contenido se “recortó” el mapa antes elaborado (Figura 22) dejando sólo las categorías asociadas al contenido, como se muestra en la Figura 22.

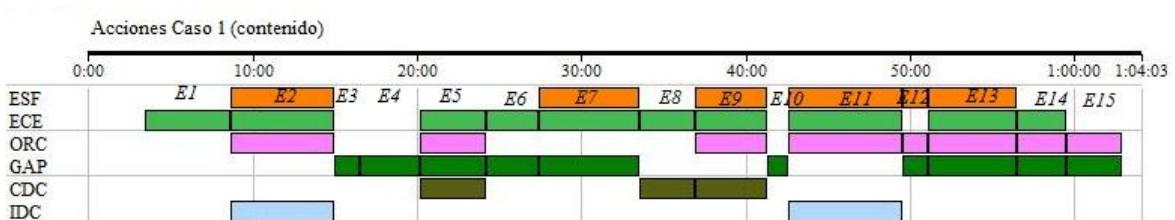


Figura 22: Acciones del Caso 1 relacionadas directamente con el contenido.

En este caso la relación con el contenido se establece desde el inicio de la actividad. Desde el segundo episodio (E1) comienza la exploración del contenido escolar (ECE, barras de color lavanda) que es acompañada por instancias de exploración de la simulación del fenómeno (ESF). Esta continua relación con el contenido puede ser una de las causas por las que la gestión de

la actividad en relación con la producción escrita se manifieste tempranamente. El proceso de interacción con el contenido, desde el inicio de la actividad, crea las condiciones para identificar obstáculos en relación con la representación del conocimiento (ORC) en la mayoría de los episodios.

Por este motivo se identifican consultas al docente (CDC, barra de color naranja) después del minuto 20, tiempo en el que ya han comenzado con la elaboración de la producción escrita.

Desde el inicio del caso se reconocen instancias de gestión de la actividad asociadas a la tarea (**Figura 23**). La temprana aparición de la categoría (GAP) podría ser un indicador del compromiso de los estudiantes con la tarea. Realizan consultas al docente sobre la tarea para empezar a responder las preguntas, acciones que se manifiestan a partir del minuto 15. Sobre el final de la actividad se reconocen obstáculos en relación con la tarea, por ejemplo identifican preguntas similares y manifiestan su descontento para responderlas.

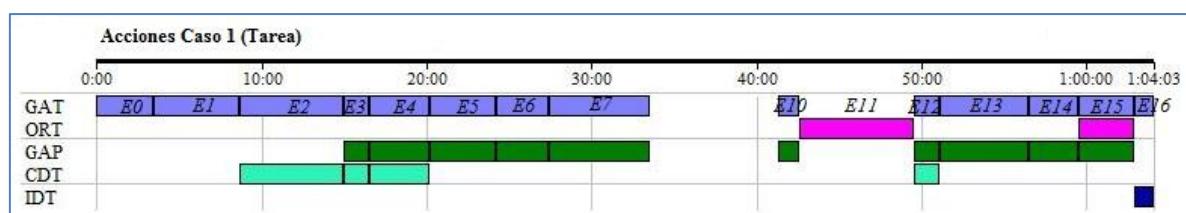
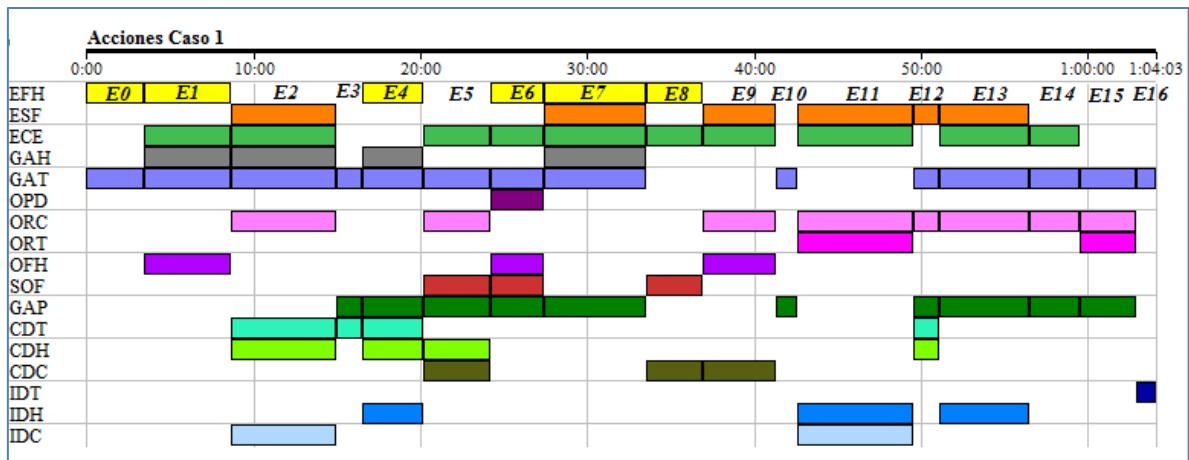


Figura 23: Acciones del Caso 1 relacionadas directamente con la tarea.

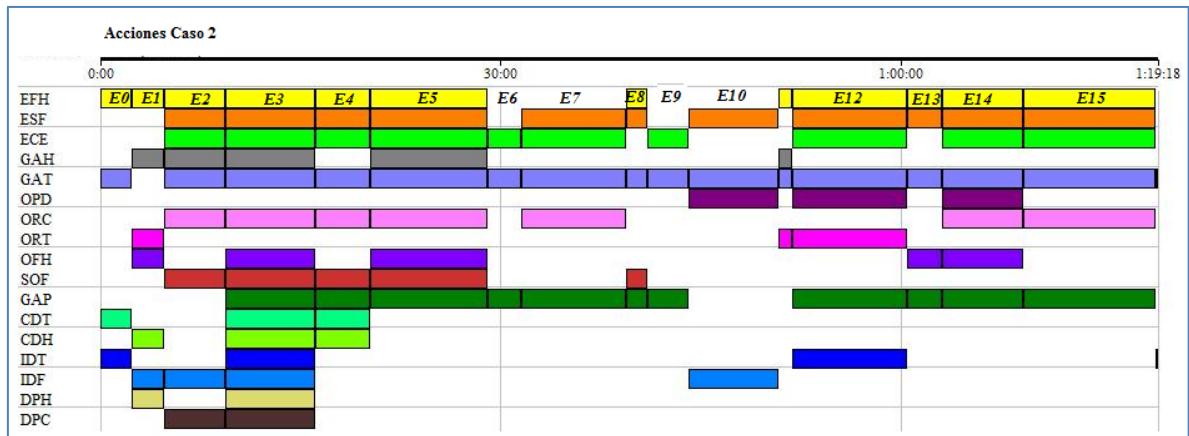
Acciones en todos los casos

De manera similar se analizaron los 7 casos de estudio restantes y se comparan los mapas de acciones.

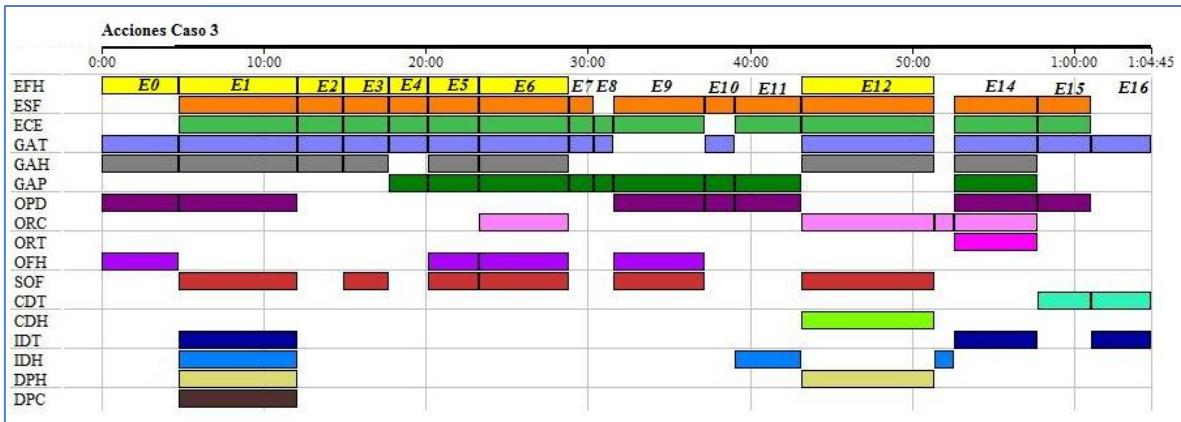
Caso 1



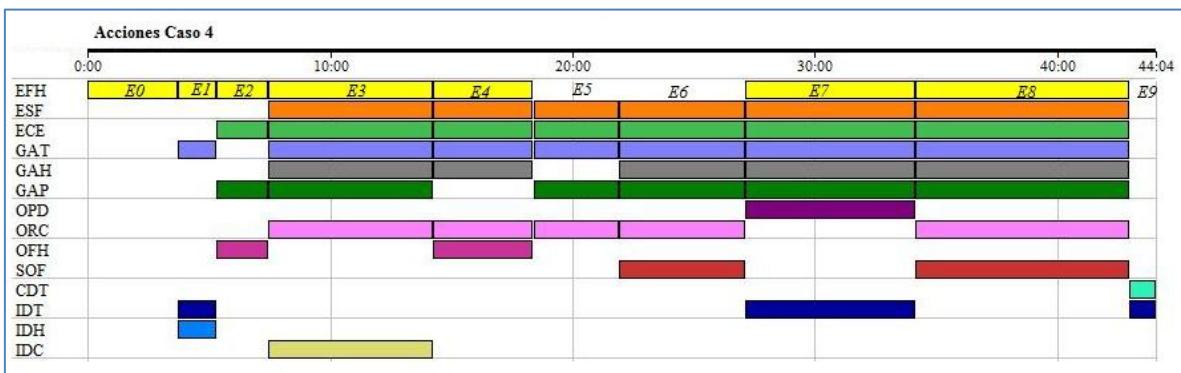
Caso 2



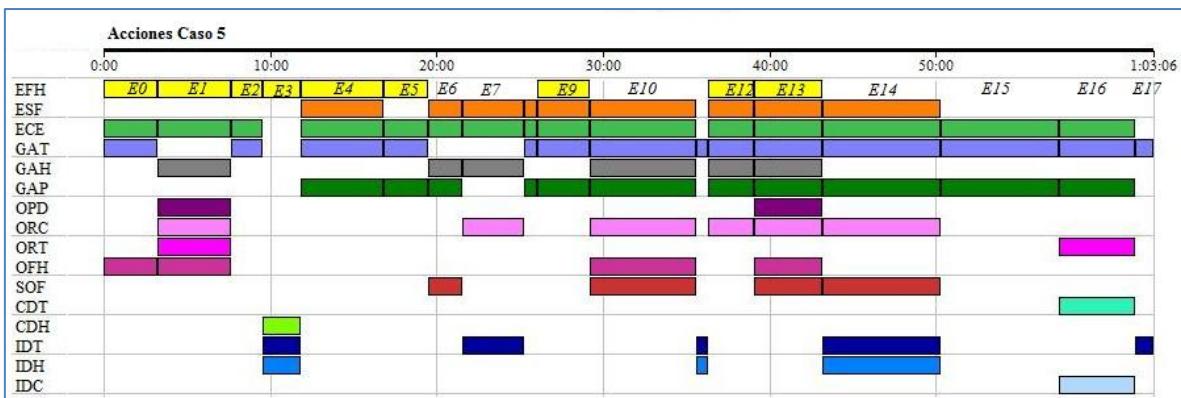
Caso 3



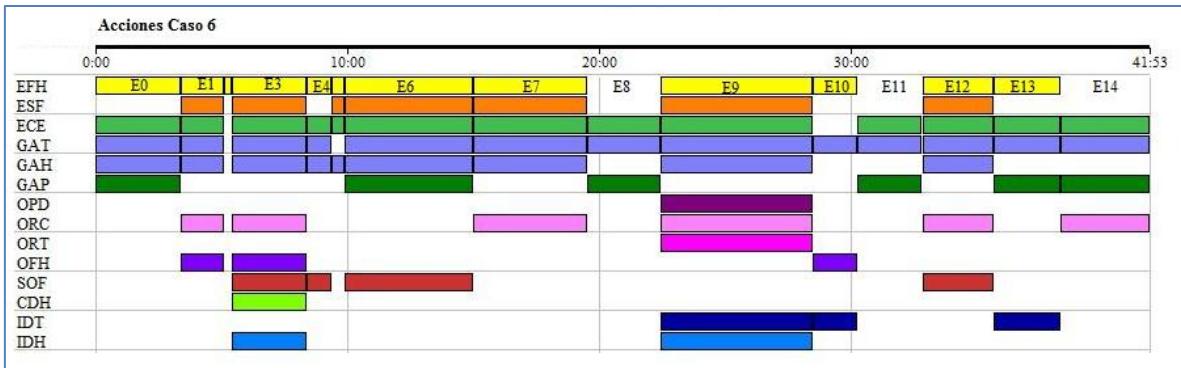
Caso 4



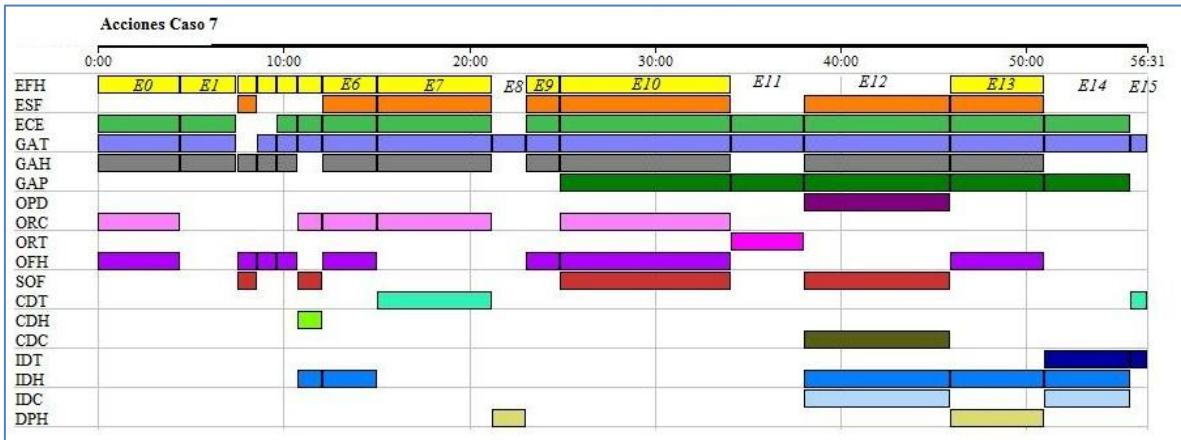
Caso 5



Caso 6



Caso 7



Caso 8

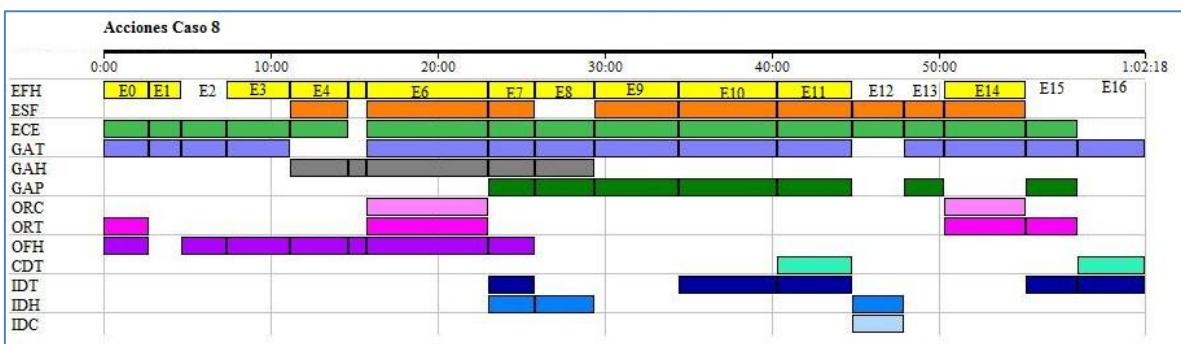


Figura 24: Mapas que muestran las acciones que conforman la actividad para todos los casos.

En la mayoría de los casos es posible identificar un período de exploración de la herramienta (EFH) al inicio de la actividad acompañado de acciones de exploración del contenido escolar que la herramienta permite visualizar. La (ESF) comienza más tarde cuando pareciera se ha alcanzado un determinado nivel de conocimiento acerca de la funcionalidad de la herramienta que permite centrar la atención e interactuar con el fenómeno simulado.

En los casos 2, 3, 5, 6 y 8 las exploraciones (EFH, ESF y ECE) ocurren de manera simultánea durante la mayoría de los episodios. En un mismo episodio se pueden identificar acciones de los tres niveles de exploración (funcionalidad, simulación y contenido). En el resto de los casos (1, 4 y 7) las acciones de exploración se alinean de manera casi exclusiva a uno o dos de los tres niveles de exploración, lo que permite identificar el objeto central de la acción (herramienta, contenido, tarea) en cada episodio y el nivel de significación alcanzado en cada etapa.

La gestión de la actividad en relación con la tarea (GAT) es más frecuente que la gestión de la actividad en relación con la herramienta (GAH) (por ejemplo en los casos 3 y 4). En los casos 6 y 7 ocurren simultáneamente en casi todo el proceso. Esto muestra nuevamente que el motor de las acciones es la tarea. En todos los casos se hace evidente el fuerte compromiso de los alumnos por cumplir con la tarea que se les propone.

Las acciones relacionadas con la producción escrita (GAP) comienzan, en la mayoría de los casos, hacia la mitad del tiempo que dura la actividad (Caso 3, 4, 5 y 8) después de un período de exploración. En los casos 1 y 2 la producción comienza antes y en el caso 6 se da al inicio de la actividad. Este accionar podría relacionarse con el estilo de trabajo de cada grupo de alumnos y el nivel de conocimientos previos que tengan en relación con el contenido que es objeto de estudio y con el modelo de interacción con este tipo de herramientas. En la mayoría de los casos las respuestas comienzan a elaborarse después de un período de exploración.

En todos los casos se han identificado algunos de los obstáculos definidos. El obstáculo en relación con la visualización del conocimiento (ORC) es el más

frecuente y se identifica en la mayoría de los casos desde el comienzo de la actividad.

Los alumnos del Caso 1 son los que más interactúan con el docente durante todo el proceso. Otros grupos intensifican esta interacción al comienzo y al final del proceso, por ejemplo los Casos 3 y 7.

En muy pocas ocasiones los alumnos dialogan con pares de otros grupos y cuando lo hacen el foco del diálogo se encuentra fundamentalmente en la herramienta y en menor medida en el conocimiento escolar. Ejemplos de esto pueden ser los Casos 2, 3 y 7.

CAPÍTULO 6

LAS DIMENSIONES DE INTERACCIÓN DIGITAL, SOCIAL Y CON EL CONTENIDO

(2do. nivel de análisis)

En este capítulo se describen y analizan los resultados asociados a las interacciones cuya génesis es la integración de herramientas digitales a la actividad áulica. Se realiza un abordaje desde las dimensiones de Interacción Digital, Social y con el Contenido que no definen planos excluyentes de las acciones, de manera que puedan identificarse y relacionarse con cada una de ellas. Estas dimensiones se constituyen en herramientas que posibilitan adoptar una posición como observador del proceso interactivo que se estudia.

La interacción digital es el núcleo de esta investigación, el análisis de las otras dos dimensiones (social y con el contenido) se realiza a los efectos de comprender cómo las interacciones digitales influencian y son influenciadas por las relaciones sociales de los sujetos que comparten la misma actividad de aprendizaje y por el contenido científico que se estudia.

Como se argumentó en el apartado (**apartado 4.3.3, p. 148**) la noción de SA ha sido el referente escogido para la estructuración del análisis y la interpretación de los resultados. Los aspectos más relevantes que se consideran para estudiar al sistema se comentan y ejemplifican en el punto 6.1. A continuación, en el apartado 6.2., se describen los instrumentos diseñados para analizar la interacción digital. En los apartados 6.3 y 6.4 se presenta el análisis de la interacción social e interacción con el contenido respectivamente

6.1 Desde dónde miramos la Actividad

El recorrido que se sigue en esta parte del estudio ha permitido recuperar elementos teóricos de cada una de las dimensiones de interacción. Se consideran las categorías ya construidas y se inicia un estudio hacia el interior del proceso interactivo con la finalidad de reconstruir la actividad.

El estudio de la dimensión *Interacción Digital* considera los aspectos relacionados con la herramienta en su rol de objeto artificial seleccionado para cumplir una determinada función. Se identifica el significado que se le atribuye a la herramienta a partir de conocer las narrativas digitales que se construyen. En la **Figura 25** se destaca la porción del triángulo interactivo de tercera generación de la TA que permite focalizar en esta relación.

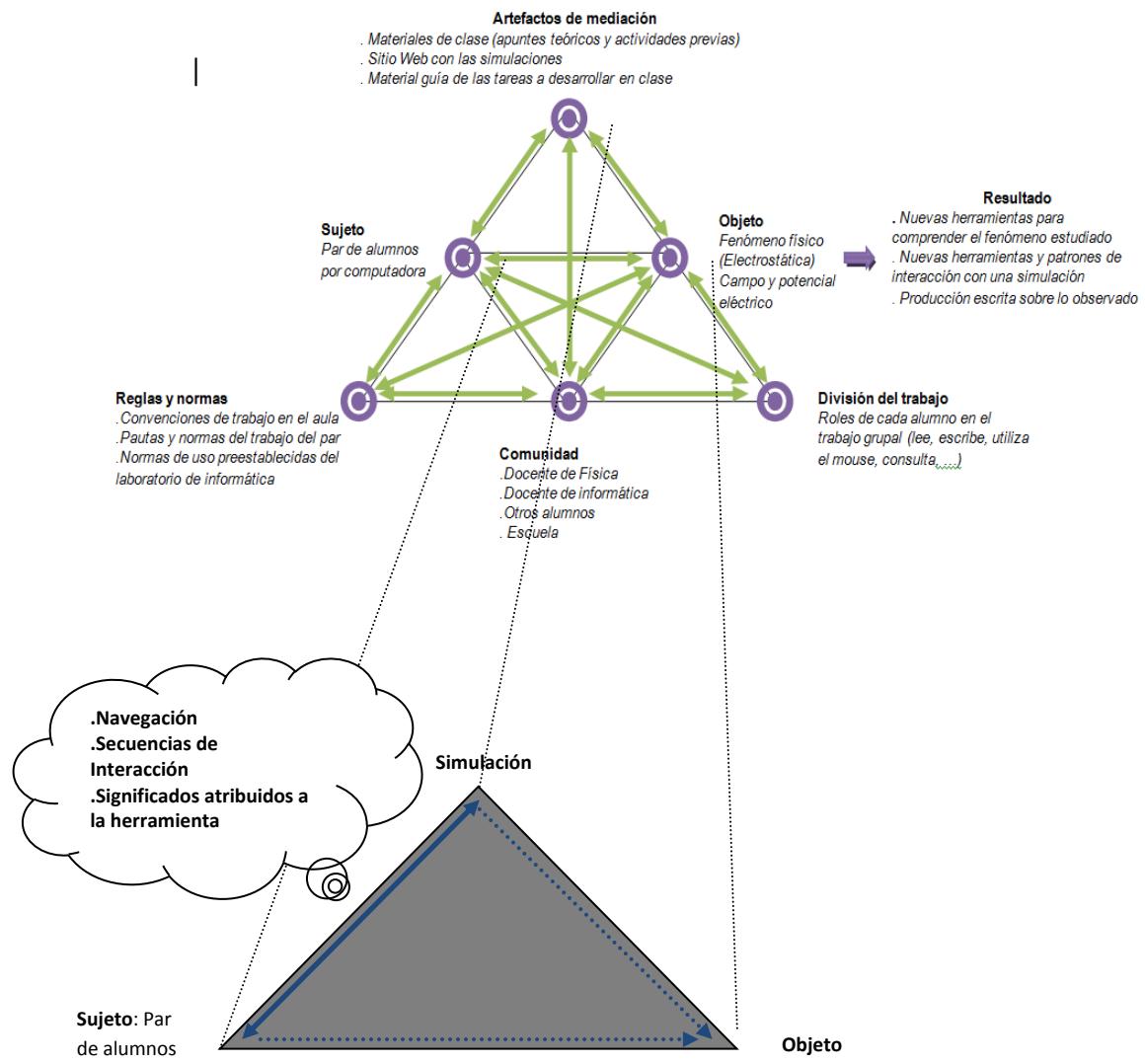


Figura 25: Elementos del sistema que determinan el foco para estudiar la Dimensión **Interacción Digital**.

La dimensión *Interacción social* permite el estudio de la actividad focalizando en las relaciones que establecen los sujetos para abordar el objeto de conocimiento, los modos en que construyen el objeto, cómo es la división del trabajo en el espacio de interacción, la manera en que se sostienen y construyen las normas y reglas que posibilitan el desarrollo de la actividad y el

rol que juega la herramienta en la construcción compartida. La **Figura 26** resalta la porción del triángulo que considera estos aspectos.

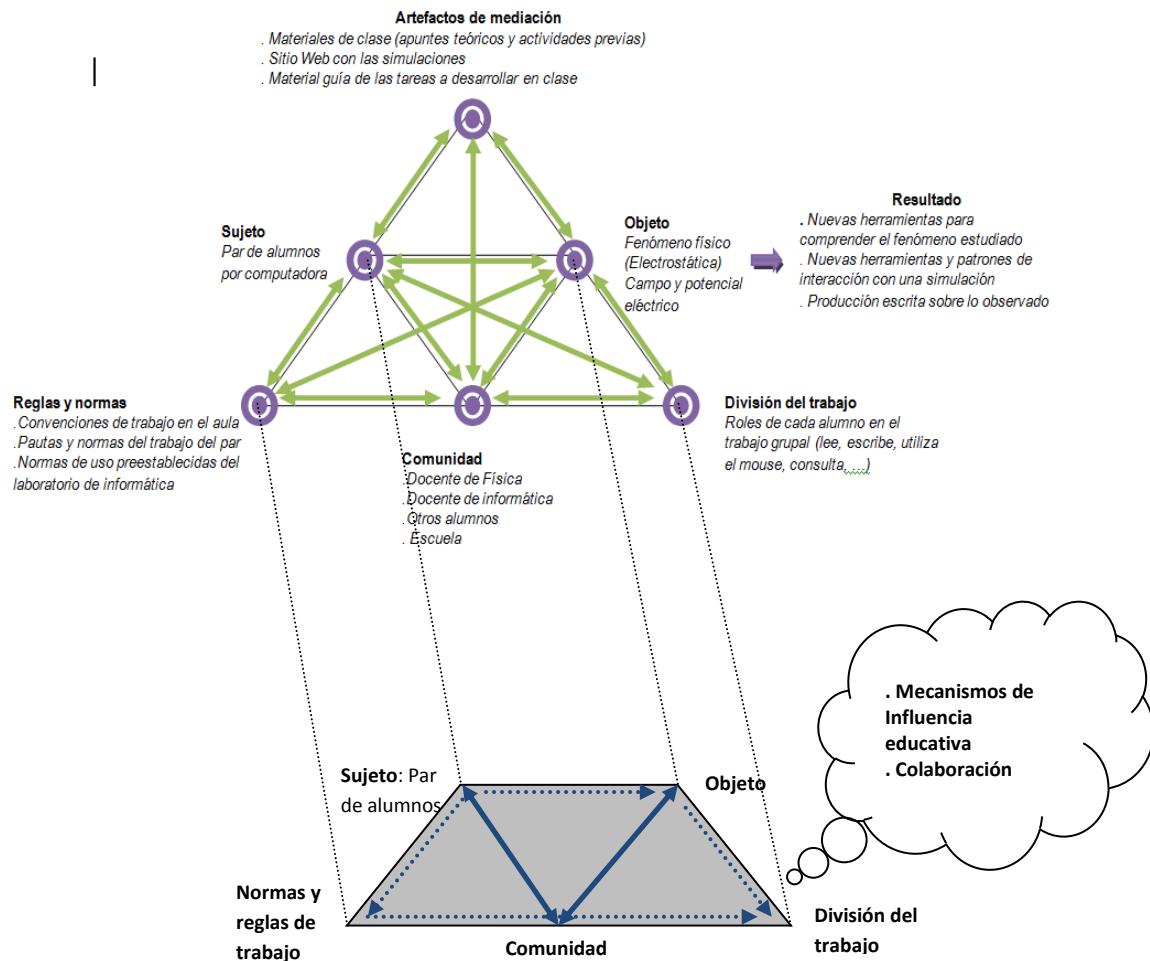


Figura 26: Elementos del sistema que determinan el foco para estudiar la Dimensión **Interacción Social**.

La dimensión *Interacción con el Contenido* focaliza en la construcción de conocimiento y en los procesos de significación que se generan durante la actividad (ver **Figura 27**). Se busca identificar los interpretantes que se ponen en juego y los modelos emergentes, los niveles de significación alcanzados, los obstáculos que se presentan, y el papel de la herramienta en la construcción.

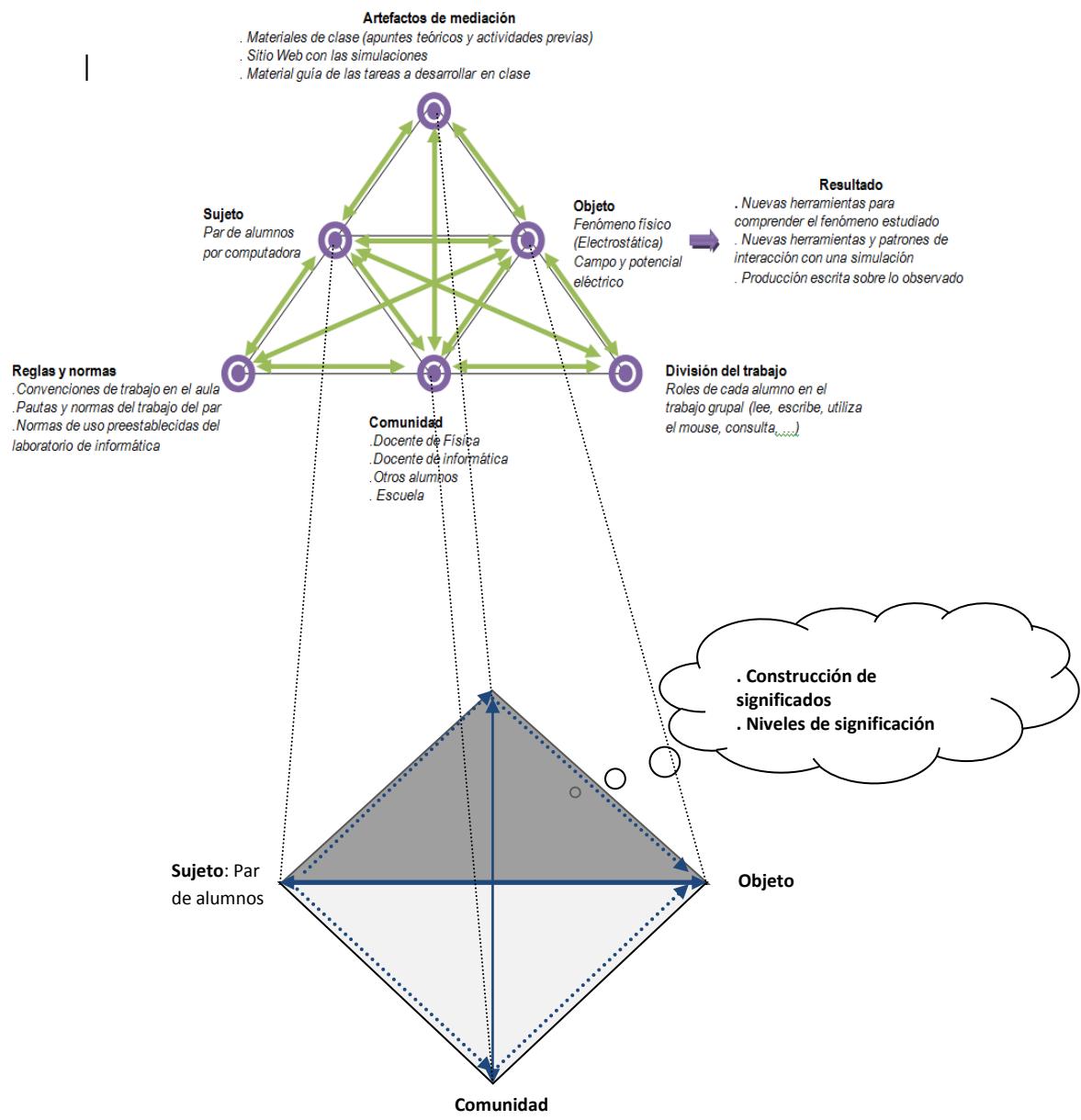


Figura 27: Elementos del sistema que determinan el foco para estudiar la Dimensión Interacción con el contenido.

6.2 La Interacción digital

El estudio de la Interacción Digital se aborda desde el análisis de las interfaces y los microeventos (o microacciones) que desarrollan los sujetos frente a la pantalla interactiva. Se propone comprender la interacción sujeto-herramienta mediante una lectura interpretativa de los procesos de interacción que ocurren en una situación de aprendizaje.

El análisis de los procesos de interacción se basa en un estudio interpretativo que busca comprender los complejos dispositivos semióticos que se despliegan. Se trata de identificar en las acciones procesos perceptivos de reconocimiento, intercambios comunicativos a nivel textual que remitan a experiencias precedentes de interacción, hipótesis posibles sobre los resultados de la interacción, negociaciones y contradicciones entre el diseñador y el alumno que hacen visible la interacción.

En la metacategoría Interacción Digital (**ID**) se consideran las acciones y relaciones de los alumnos con la herramienta y las influencias del docente en relación a su apropiación. Se trata de indagar los modos de interactuar del par de estudiantes en el desarrollo de la actividad conjunta, su relación con la herramienta, los obstáculos que se presentan, el significado que atribuyen a la herramienta, sus experiencias previas de interacción, las percepciones que manifiestan, entre otros.

La utilización de herramientas interactivas en la construcción de significados en el aula tensiona los tres mundos semióticos involucrados que son el de los alumnos, el del docente y el del diseñador que ha sido plasmado en el artefacto. Por esta razón se ha considerado que las características de diseño de estas herramientas debían ser parte del análisis junto con las características del diseño didáctico elaborado por el docente que la incluye.

6.2.1 Modos de interacción digital

La construcción de las *Secuencias de interacción digital* se convierte en el primer paso para estudiar los modos de interacción con la herramienta. Para ello se indaga, a nivel de acciones, la manera en que se construyó la sintaxis

de interacción, cuáles fueron las secuencias de interacción digital construidas y las narrativas digitales que se definieron.

Luego se infiere el significado que le atribuyen a la herramienta a partir del estudio de la gestión en relación con su uso, los obstáculos que se presentaron y cómo la secuencia de interacción digital acompaña la exploración del conocimiento escolar. Para ello se recuperan las categorías de acción asociadas a la herramienta. Se consideran las categorías exploración, gestión, identificación y superación de obstáculos que posibilitan indagar las relaciones que se han establecido con la herramienta. Para mejor visibilidad de las categorías de acción construidas en esta tesis se recomienda su visualización desde la página desplegable que se ha incorporado como **Anexo IV**.

El **Cuadro 7** muestra las categorías consideradas en el estudio de la interacción digital.

Cuadro 7: Categorías de acción que describen la interacción digital.

Acción	Valores	Código
Explorar	Funcionalidad de la Herramienta	EFH
	Simulación del Fenómeno	ESF
	Conocimiento Escolar	ECE
Gestionar la Actividad <i>(en relación con)</i>	Herramienta	GAH
	Tarea	GAT
Identificar obstáculos <i>(en relación con)</i>	Procesamiento de Datos.	OPD
	Representación del Conocimiento.	ORC
	Funcionalidad de la Herramienta.	OFH
Superar obstáculos <i>(en relación con)</i>	Funcionalidad de la Herramienta.	SOF

A continuación se presentan los instrumentos que se elaboraron para abordar esta dimensión.

6.2.1.1 La narrativa digital

Como se mencionó en la sección 2.5.1 (p. 66), la dimensión narrativa, presente en cualquier experiencia interactiva, se desarrolla en el tiempo siguiendo una cadena lineal de operaciones que genera una sucesión de estados. En el caso de las simulaciones, el alumno manipula una serie de objetos virtuales como pueden ser partículas a las que modifica el valor de sus cargas. Se genera de esta manera en cada fase interactiva un *estado del sistema*⁴³. El análisis del conjunto de estados permite elaborar la narrativa empleada por los alumnos que interactúan con la herramienta. Es importante recordar que en muchas ocasiones la secuencia interactiva empleada no determina estados de visualización apropiados, es decir aquellos en los que la simulación se ejecuta con los nuevos valores ingresados a los parámetros. Esto ocurre debido a que no se leen los valores y la simulación se ejecuta con los valores introducidos previamente, situación que en ocasiones no es advertida por los estudiantes.

Se presenta a continuación la narrativa digital construida por un caso que se toma como ejemplo.

Narrativa digital para el Caso 1

La actividad se desarrolla en 64', con 688 turnos de habla, de los cuales 108 son turnos en los que se realizan acciones en pantalla.

La navegación establecida es de *Tipo A* (**apartado 5.1.2, p. 204**), con un recorrido lineal y simple por tres escenarios de interacción, que coinciden con el orden natural de visita a las simulaciones (S1, S2, S3).

- La primera etapa, dura 33', se desarrolla principalmente en la **S1** y se realiza al final un recorrido exploratorio por **S2** y **S3**.
 - o Durante la interacción con **S1**, en el minuto 6, logran visualizar el campo eléctrico con ayuda del docente quien les indica la secuencia para ingresar los valores a los parámetros. En esta etapa identifican cinco estados posibles del sistema con una visualización apropiada del fenómeno simulado; los pares de valores utilizados para las cargas (Q_g , q_p) son (5,0); (-1000,0); (-1000,500); (-

⁴³ Cuando se mencionen estados posibles o alcanzados, de aquí en más, se hace referencia a un determinado estado del sistema simulado que se visualiza luego de aplicar una secuencia interactiva para ejecutar la simulación.

1000,1000); (10,0); (1000,0). Además, reconocen la presencia de campos numéricos no editables como el valor del campo en la posición de Qp.

- Cuando cambian al escenario **S2**, segundo tramo de interacción, se advierte que identifican sin dificultades los comportamientos asociados a los distintos objetos de interacción. Por ejemplo, detectan rápidamente la secuencia de ingreso de parámetros y pueden confirmar y validar parámetros. Esto les permite identificar dos pares de valores (Qg, qp) -estados del sistema- con apropiada visualización del fenómeno.
 - En el minuto 27 cambian de escenario, a la simulación **S3**. Advierten que la diferencia con los escenarios anteriores es que en esta simulación pueden visualizar el potencial. Aquí también encuentran dos estados con visualización apropiada para los pares (1000,10) y (1000,1); aunque la representación del potencial con estos valores de carga no pueden visualizar completas las líneas equipotenciales.
- La segunda etapa del proceso transcurre en el escenario (**S2**) durante 9 minutos. Se identifica que el principal objetivo en esta etapa es minimizar el valor de la carga de prueba para que no influya sobre la carga generadora. Las acciones en esta etapa se limitan a modificar el valor del parámetro Qp, y encuentran dos estados del sistema -pares de carga (1000,0.1); (1000,0.0001)- que permiten una visualización apropiada del fenómeno.
 - El tercer y último tramo del proceso interactivo se desarrolla en la **S3** y dura 22 minutos. Inferimos que se proponen comprender la representación del potencial probando con distintos valores de Qg. Al asignar valores pequeños y negativos a Qg observan que el gradiente de color con el que se representan las líneas equipotenciales cambia. Identifican cuatro estados del sistema con visualización apropiada del fenómeno, para los pares de valores (1000,0.1); (100,0.1); (-100,0.1); (1000,0.1).

A modo de síntesis, podemos decir que este par de estudiantes pudo comprender rápidamente la funcionalidad de la herramienta con la ayuda del docente. Mostraron un modo de trabajo en el escenario de interacción ordenado y su estrategia de interacción se basó en probar con distintos pares de valores para las cargas.

Las narrativas digitales en todos los casos

Las narrativas digitales que se elaboraron reconstruyen gran parte de la

actividad mediada y permiten inferir los modos de interacción digital en cada caso y las estrategias desplegadas para explorar el fenómeno simulado.

En el **Anexo V** pueden consultarse las narrativas digitales construidas para todos los casos estudiados.

Se han identificado las siguientes características que permiten comparar los casos: la comprensión de la funcionalidad de la herramienta; el modo de trabajo que evidencia cada grupo y las estrategias de interacción desplegadas.

La sintaxis de interacción para el ingreso de valores y la visualización apropiada del fenómeno se ha convertido en la característica más compleja de la funcionalidad y es comprendida a partir de la ayuda del docente en la mayoría de los casos (7 de los 8). Generalmente la ayuda fue solicitada al comienzo de la actividad y se aplica en forma correcta una vez superada la etapa de exploración, sólo en un caso se requirió nuevamente ayuda al cambiar de escenario (Caso 8).

Los modos de trabajo en todos los casos se corresponden con el tipo de navegación identificada en relación al recorrido hipertextual realizado. Se pueden dividir en tres grupos: aquellos que consideran un recorrido ordenado por las tres simulaciones; los que consideran un recorrido ordenado pero en secuencias; y los que consideran un recorrido aleatorio que puede incluir variadas secuencias interactivas.

Los casos que presentan un modo de trabajo relativamente ordenado se corresponden con aquellos cuya navegación ha sido catalogada como de tipo A o B (Casos 1, 2, 4 y 5). Por ejemplo en el Caso 4 se recorren las tres simulaciones en el orden natural una única vez. Sólo el Caso 3 presenta un modo de trabajo ordenado pero en secuencias, se recorren las tres simulaciones para contestar cada una de las preguntas de la tarea. Finalmente aquellos que presentan un modo de trabajo aleatorio por los distintos escenarios y experimentan distintos recorridos, alternando etapas tanto interactivas o de prueba como exploratorias (Casos 6, 7 y 8).

Las estrategias de interacción que pueden identificarse se relacionan con los diferentes estados del sistema que se visualizan y las magnitudes de los valores de los parámetros que los determinan. Se agrupan de la siguiente

manera: estrategias que consideran la variación de los parámetros con amplio rango de valores y diferentes en los distintos escenarios (Casos 2 y 5); aquellas que consideran una variación que va incrementándose y se prueban en los distintos escenarios (Caso 7); otras en las que se experimenta con valores pequeños para las cargas y se evalúa la misma situación en todos los escenarios (Casos 4 y 6); y finalmente aquellas que consideran escasas variaciones en los parámetros (Casos 3 y 8).

Los motivos que orientan la interacción en la mayoría de los casos se relacionan con la comprensión de la representación del campo aunque con distintos objetivos. Estos pueden ser: comprender el sentido e intensidad de los vectores, comprender el desplazamiento de las cargas, explicar el rebote con las paredes, determinar cuál es la carga que genera el campo, encontrar situaciones particulares por ejemplo que las cargas se junten.

Son muy variadas las situaciones en las que cada caso descubre y experimenta ciertas funcionalidades de las herramientas. Generalmente esto ocurre en aquellos casos en los que las etapas de exploración son más extensas y que se corresponden con casos que encuentran mayores dificultades para interactuar con el fenómeno simulado. Por ejemplo, la narrativa para el Caso 3 muestra que se enfrentan a mayor cantidad de obstáculos que les permiten explorar todas las posibilidades de la herramienta. Parecería que el caso que demora más en trabajar con el fenómeno es aquel que evidencia más características interactivas que requieren ser resaltadas o evaluadas como posibles obstáculos que impiden el desarrollo normal de la interacción para dar lugar a la exploración del contenido escolar. El resto de los grupos experimenta sólo algunas de las situaciones que obstaculizan o desvían la interacción. Algunas de las funcionalidades sólo han sido advertidas por un solo caso, por ejemplo el visor amarillo que muestra las coordenadas del cursor.

6.2.1.2 Secuencia de interacción digital

Estudiar la evolución de la construcción de las secuencias de interacción digital, permite conocer la relación que cada grupo establece con la herramienta y cómo se acerca al significado del contenido escolar. Se considera que cuando los sujetos comprenden la funcionalidad de la herramienta, comienza a ser mayor la interacción con el contenido escolar que propone la actividad de aprendizaje.

Para analizar la construcción de las secuencias de interacción digital se evalúan los turnos de habla que contienen acciones en pantalla. Cabe recordar que los turnos de habla reconstruyen el habla como un todo que considera lo que se dice y lo que se hace en relación con la herramienta.

En el apartado 5.1.3, el conjunto de acciones en pantalla fueron identificadas con la categoría *Exploración*, para los valores de *Exploración Funcionalidad de la Herramienta (EFH)* y *Exploración Simulación del Fenómeno (ESF)*. Cada una de estas acciones está a su vez constituida por un conjunto de “pequeñas acciones” (descriptas en el **Cuadro 4**, p. 174) que determinan la sintaxis de interacción empleada. Para facilitar la lectura de esta parte del análisis se presentan, en formato de hoja desplegable en el **Anexo VI** los códigos utilizados para describir la sintaxis.

La

Tabla 11 muestra un conjunto de turnos de habla en los que pueden observarse líneas que contienen acciones en pantalla y el contexto comunicativo en que éstas se desarrollan. La columna final contiene los códigos asignados a cada una de las acciones en pantalla y determina la sintaxis de interacción utilizada en este caso. El estudio de la sintaxis de interacción permite reconstruir las secuencias de interacción digital e identificar períodos de exploración de la funcionalidad y modos de interacción. Los períodos de exploración pueden ser: aquellos en los que se realizan secuencias completas en relación con los recorridos definidos como *excluyentes*, de exploración de la simulación del fenómeno en los que se varían los parámetros y de detección y superación de obstáculos relacionados con la funcionalidad de la herramienta.

Tabla 11: Ejemplo de turnos de habla que contienen acciones en pantalla y el código de sintaxis establecido para cada una de las acciones.

	Turnos de habla	Códigos de acción sobre la interfaz
0	...	
1	Play	
2	<Play>	IS
3	poné leer	
4	<Stop>, <Leer>	DS LV
5	ponele el potencial también	
6	ah campo, <CE>, <Leer>	AC LV
7	potencial ahora	
8	<CE>, <POT>, <POT>, <POT>, <Play>	DC AP DP AP IS
9	...	

En este pequeño tramo de sintaxis tanto la línea 2 como la línea 8 han sido consideradas cómo turnos de un episodio en los que ocurre una acción de exploración de la funcionalidad de la herramienta (EFH). En la línea 2 se pone en funcionamiento la simulación al accionar el comando “Play”, en la línea 8 se activan y desactivan las casillas de verificación que posibilitan ver la representación del campo o el potencial. En ambos casos las líneas forman parte de la exploración de la funcionalidad de la herramienta, la primera línea contiene sólo una acción en pantalla identificada como **IS**, mientras que en la línea 8 se realizan cinco acciones en pantalla que determinan la siguiente sintaxis: **[DC AP DP AP IS]**.

Recorridos excluyentes

El seguimiento de las acciones que se ejecutan para completar recorridos excluyentes permite conocer cómo se fueron construyendo, el tiempo que transcurre hasta que alcanzan la secuencia apropiada⁴⁴ y cómo es utilizada más adelante. La identificación de esta secuencia apropiada indica las instancias del proceso que determinan estados del sistema en el que se visualiza una situación particular.

⁴⁴ Se consideran no apropiadas aquellas instancias en las que la visualización no incorpora las modificaciones realizadas en los valores de los parámetros. Es decir, no se reinterpreta el modelo.

Los recorridos excluyentes que se identifican en la interacción con las simulaciones podrían definirse como:

- a) Secuencia de interacción para el Ingreso de parámetros. (Edición del campo numérico, ingreso del valor y confirmación del valor)
- b) Secuencia de interacción para la ejecución de la simulación y la visualización apropiada (la simulación se ejecuta con los nuevos parámetros ingresados). El estado final del sistema simulado, al completar esta secuencia, refleja aquellas instancias en las que se ha completado el ingreso de parámetros y la simulación se ejecuta considerando los valores ingresados.

Estos dos procesos configuran una sintaxis de interacción compleja. La visualización requiere de la siguiente sintaxis según el escenario:

- **EC IV CV LV IS** en S1. Esta secuencia determina la visualización de la representación del campo eléctrico mediante un campo vectorial. El campo se muestra automáticamente dado que la simulación considera activada la casilla de visualización del campo al ser reiniciada.
- **EC IV CV LV** en S2. Esta secuencia, al igual que para S1, determina la visualización de la representación del campo eléctrico mediante un campo vectorial. El campo se muestra automáticamente dado que la simulación considera activada la casilla de visualización del campo al ser reiniciada. En este caso, la sintaxis puede completarse con **IS** (inicio de simulación) si se desea ver las cargas en movimiento.
- **EC IV CV LV** en S3. Al igual que en los anteriores pero en este caso las casillas de campo y potencial no se consideran activas en el reinicio con lo que deben tildarse para poder visualizar ambas representaciones. Esta sintaxis entonces se completaría con la activación del campo (**AC**), la activación del potencial (**AP**) y el inicio de la simulación (**IS**) para poder visualizar las cargas en movimiento y las representaciones del campo y el potencial eléctricos.

Otros recorridos no excluyentes

Las acciones no excluyentes, como la manipulación de objetos en la pantalla, la selección de modos de visualización entre otras, permiten identificar **etapas de exploración** realizadas para comprender la **funcionalidad de la herramienta** o el **fenómeno simulado**. También en estos recorridos es posible identificar conflictos u obstáculos que presenta la herramienta.

Secuencias de interacción digital en el Caso 1

Cabe recordar que el estudio de las secuencias de interacción digital focaliza en las acciones que se realizan en pantalla y el entorno comunicativo más amplio en el que éstas tienen lugar. En el **Anexo VII** se presentan el detalle de las acciones en pantalla del Caso 1 utilizando la sintaxis que se presenta en el **Anexo VI**.

La construcción de esta sintaxis permitió la codificación del registro en formato de vídeo para poder procesar las pequeñas acciones de interacción realizadas por el par. Un pasaje del lenguaje visual al lenguaje simbólico para describir el proceso.

Recorridos excluyentes

- a) Secuencia de interacción para el Ingreso de parámetros.

En las primeras etapas de interacción con la simulación se presentan signos metalingüísticos que indican posibles errores de edición como pueden ser la eliminación de espacios en blanco, o el ingreso de nomenclatura incorrecta para las unidades de medida. Se consulta al docente sobre la funcionalidad del comando *Reset*. En instancias posteriores la sintaxis utilizada es “correcta”, (Se consigue automatizar la confirmación del ingreso de nuevos valores con la tecla *<Enter>*). Ese proceso es automatizado y utilizado luego en los otros escenarios de interacción, es decir cuando se cambia de simulación. En este caso, el recorrido necesario para el ingreso de parámetros es realizado sin

dificultad. Quizás se deba a que es una sintaxis común a otros sistemas interactivos con los que se ha interactuado previamente.

- b) Secuencia de interacción para la ejecución de la simulación y la visualización apropiada.

En este caso el recorrido necesario para la ejecución de la simulación es completado correctamente al inicio del proceso de interacción, a partir de la intervención docente, que explica la necesidad de inicializar los parámetros cada vez que se le asignan nuevos valores.

En el primer período ésta secuencia se completa en varias instancias más en el mismo escenario, lo que determina que el sistema se reinicie para visualizar distintas representaciones del fenómeno simulado.

El cambio de escenario no provoca conflictos respecto a la ejecución de la simulación. Sólo en dos oportunidades, ante una situación de validación o prueba de hipótesis, olvidan reiniciar la simulación e interpretan la visualización equivocadamente, pero rápidamente advierten tal situación y la solucionan. Puede decirse que este grupo alcanza un nivel de apropiación de la herramienta que le permite desplazarse por los diferentes escenarios en forma eficiente.

Recorridos no excluyentes

Los recorridos no excluyentes realizados para comprender la funcionalidad de la herramienta, se pueden identificar hasta la mitad del proceso. Estas exploraciones tienen lugar principalmente durante toda la interacción con S1 y durante las primeras visitas a S2 y S3.

En una etapa posterior se visita nuevamente S2 y S3 pero la exploración se relaciona con la comprensión del fenómeno simulado y con la validación de hipótesis (manipulación de las cargas para observar la variación en la intensidad del campo, o para observar los efectos que ocasiona el cambio de las magnitudes consideradas).

En una oportunidad este caso ingresa un valor negativo de carga para Qp y visualizan el mensaje que les indica que la carga de prueba no puede ser negativa.

Otras acciones que evidencian obstáculos son:

- Mueve la carga Qp alrededor de la carga Qg con el objeto de comprender la acción que esta ejerce sobre Qg advirtiendo que esta se ve influenciada por el campo que genera la carga Qp.
- Intentan modificar el nombre de la carga de prueba. Esta acción pone de manifiesto la inconsistencia que se produce respecto a la idea previa que tienen los alumnos en relación con la de carga de prueba⁴⁵.
- Intentan cambiar el valor de un campo numérico no editable que muestra la distancia entre las cargas a cada instante.

Esto indica que analizan la posibilidad de determinar la distancia a la que se sitúan las cargas. Comprueban de esta manera que la distancia no es un parámetro que el usuario pueda modificar.

- Señalan una imagen de color negro que aparece en un extremo de la pantalla sin llegar a comprender que se trata de la representación de las líneas de potencial. Superan este obstáculo con la ayuda del docente.
- Intentan desplazar la carga Qp hacia al Qg y se advierte un retardo en visualización que se asocia a la lentitud de la computadora.

En esta situación el retardo está originado por los valores que se han asignado a las cargas, la velocidad de procesamiento y los métodos de cálculo utilizados.

- Cuando la carga que se asigna es cercana o mayor a 1000 e no se pueden visualizar las líneas de potencial.

Esta situación se genera cuando el ancho del anillo interno con el que se representa al potencial es muy grande y no puede verse en el espacio destinado a la visualización.

Análisis comparativo de las secuencias de interacción en todos los casos

⁴⁵ El trabajo previo en el aula consideraba que ésta es mucho menor respecto a la carga que genera el campo.

Recorridos excluyentes

a) Ingreso de parámetros.

Se evaluaron los siguientes interrogantes: a) ¿en qué simulación se produce el primer ingreso de parámetros?; b) ¿cuánto tiempo se tarda en ingresar correctamente los parámetros?; c) qué determina que inicie la secuencia: ¿se inicia en forma autónoma?, ¿necesitan apoyo del docente?, ¿lo deducen del enunciado de la actividad?, ¿lo hacen de manera intuitiva?; d) qué ocurre al cambiar de escenario o simulación: ¿logran automatizar el procedimiento en cada cambio?, ¿tienen dificultades en reconocer el procedimiento al cambiar?.

En la **Tabla 12** se muestran las características de las secuencias de interacción digital para los ocho casos.

Tabla 12: Características de las secuencias de interacción construidas para el ingreso de parámetros.

Casos	Simulación	Instante en que se utiliza correctamente	Inicio de secuencia			Cambio de escenario	
			Intuitivo	Indicado por docente	Se deduce Enunciado Actividades	Secuencia automatizada	Se cometen errores
1	S1	5'	•			•	
2	S1	4'	•			•	
3	S1	2'		•			•
4	S1	9'			•	•	
5	S1	12'		•		•	
6	S2	7'		•		•	
7	S1	11'		•		•	
8	S1	23'		•			•

En cinco de los ocho casos la secuencia correcta de ingreso de valores de parámetros es indicado por el docente, en algunos casos como consultas de los estudiantes o porque el docente advierte que aún no han redefinido los parámetros. Teniendo en cuenta que la duración promedio de los procesos interactivos para todos los casos es de 60', puede observarse que es relativamente corto el tiempo que transcurre hasta que estas acciones son automatizadas.

La sintaxis para el ingreso de valores a los parámetros es automatizada mayormente a partir de la ayuda del docente. Esto puede indicar que el ingreso de los parámetros debería ser más intuitivo que el presentado por la simulación empleada para ingresar los parámetros; por ejemplo emplear el esquema de

uso que sólo requiere escribir el valor en el casillero y hacer <Enter> como en la mayoría de las aplicaciones.

b) Ejecución de la simulación y la visualización apropiada.

Se consideró el momento del proceso interactivo en el que el recorrido previsto se completa adecuadamente, en qué escenario se produce, de qué manera reconocen la necesidad de inicializar los parámetros cuando son ingresados. También se considera en este análisis la cantidad de estados del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno, qué ocurre cuando se cambia el escenario y la funcionalidad que se asocia al comando *Reiniciar* o *Inicio*. La Tabla 13 presenta las características de las secuencias de interacción construidas en todos los Casos para la ejecución de la simulación y la visualización apropiada del fenómeno.

Tabla 13: Características de las secuencias de interacción construidas para la visualización del fenómeno y la ejecución de la simulación.

Casos	Tiempo de inicio	Escenario	Autonomía	Conflictos por cambio de escenario	Estados de visualización (apropiada)	Funcionalidad asociada al comando Inicio
1	6'	S1	No	No	15	- Lectura de nuevos valores
2	4'	S1	No	No	35	- Llevar las cargas a la posición inicial - Lectura de nuevos valores
3	7'	S1	Si	Si (escenario S3)	20	- Lectura de nuevos valores
4	9'	S1	Si	No	21	- Lectura de nuevos valores
5	12'	S1	No	No	31	- Lectura de nuevos valores
6	8'	S2	No	No	22	- Lectura de nuevos valores
7	12'	S3	No	Si (escenario S3)	13	- Lectura de nuevos valores
8	23'	S1	No	No	12	- Lectura de nuevos valores

En los Casos 1, 2 y 6 la inicialización de los parámetros es lograda al comienzo de la actividad con la intervención del docente. También en los Casos 5, 7 y 8 interviene el docente, pero estos grupos tardaron más en requerir ayuda. Mientras que en los dos casos restantes, 3 y 4, pudieron realizar el ingreso de parámetros sin requerir ayuda (de manera autónoma).

El cambio de escenario no ocasiona conflictos para la visualización, sólo en dos de los casos (Casos 3 y 7) se han identificado algunos obstáculos al

interactuar con el escenario S3 al que se asocia la mayor complejidad en la sintaxis de interacción.

La columna “estados de visualización apropiados” muestra la cantidad de situaciones en las que se visualiza el fenómeno con los parámetros deseados, es decir con aquellos parámetros que han sido ingresados y debidamente confirmados. Se puede observar que el Caso 2 presenta el mayor valor debido a la frecuente utilización de la manipulación directa de las cargas y la necesidad de volverlas a la posición inicial.

Como se mencionara anteriormente la funcionalidad que mayormente se asocia al comando Inicio es la que determina la lectura de nuevos valores de los parámetros y su posterior visualización y sólo en el Caso 2 se considera también la posibilidad de utilizarlo para modificar la posición de las cargas.

Recorridos no excluyentes

A continuación se enumeran los diferentes recorridos o acciones alternativas con el objeto de identificar los significados atribuidos a las acciones.

- *Cambio de escenario y visita a nodos complementarios.*

- Visitan nodos complementarios para consultar las unidades en las que se expresan los parámetros y los valores que se les puede asignar.
- Realizan recorridos por los distintos escenarios. Este tipo de recorridos tiene como objetivo encontrar un determinado escenario para probar alguna hipótesis o simplemente la exploración mientras se realiza la tarea.

- *Señalamiento y selección de objetos.*

- Utilizan las acciones de señalamiento para acompañar el diálogo en la resolución de la tarea.
- Seleccionan cargas en movimiento.
- Señalan las flechas que representan al campo y prueban diferentes combinaciones de valores de las cargas para comprender el sentido y la relación de proporcionalidad que guarda la representación en cada estado.

- *Manipulación directa de las cargas en los distintos escenarios.*

- Utilizan el desplazamiento para observar la variación en la intensidad del campo.
- Interpretan la interacción. Se desplaza la carga de prueba (Q_p) para corroborar la influencia que ejerce sobre (Q_g).

En algunos casos esta acción es utilizada para interpretar situaciones que se contradicen con lo esperado (Caso 1); en otros (Casos 3 y 4), se la utiliza en escenarios que no ofrecen movimiento como (S1).

En el Caso 7 es utilizada con frecuencia durante todo el proceso y en Caso 2 es la acción más realizada.

En los casos 4 y 6 es considerada en pocas oportunidades. En los casos 6 y 8 se la utiliza al comienzo del proceso en una etapa de exploración, antes de comprender la sintaxis. En los Casos 1 y 2 no es utilizada en S3, advierten que provoca un retardo en la visualización que se asocia a la lentitud de la computadora con la que se está trabajando.

- *Visualización del campo y el potencial eléctrico.*

- Habilitan o deshabilitan las casillas de visualización de campo y potencial eléctrico. Esta acción es mayormente utilizada en el escenario S3, esto se encuentra relacionado con la dificultad de visualización apropiada del potencial en el espacio de representación según el valor que se asigne a los parámetros.
- Señalan las flechas del campo vectorial que representa al campo eléctrico. Se analizan sus recorridos, orientaciones y la forma curva que adoptan en algunas situaciones. Esto indica que se busca comprender su comportamiento a partir del valor que se asigna a los parámetros.
- Activan y desactivan el potencial para validar la hipótesis que relaciona la representación del potencial con la velocidad con que se desplazan las cargas en el espacio de visualización.

- *Variación de parámetros para corroborar hipótesis.*

- Varían los parámetros en los escenarios S2 y S3, que ofrecen la posibilidad de ver la interacción entre las cargas. Cuando las cargas se atraen desarrollan un recorrido por el espacio que no es el esperado (se juntan pero se sobrepasan y comienzan como a rebotar por el espacio de visualización).
- Asignan un valor negativo al parámetro Qp. Se ejecuta el mensaje que indica que la carga de prueba no puede ser negativa.
- *Utilización de otros comandos.*
- Utilizan el comando *Paso* en reemplazo de *Play*. Advierten que permite visualizar de forma clara el movimiento de las cargas en situaciones que se desplazan rápidamente y pueden de esta manera comprender el recorrido que experimentan.

A continuación se enumeran aquellas acciones que en relación a la lista anterior evidencian diferentes tipos de obstáculos que fueran identificados en los recorridos construidos.

- *Intención de modificar campos no editables que se utilizan, que sólo funcionan como visores.* No reconocen que la información que se muestra en estos campos es un valor dependiente.

- Intentan modificar el valor de la distancia entre las cargas. Creen que al modificar el valor de este campo se moverán las cargas y se ubicarán a esa distancia.
- Intentan modificar el nombre de la carga de prueba. Esta acción pone de manifiesto la inconsistencia que se produce respecto a la idea previa que tienen los alumnos en relación con la de carga de prueba. El trabajo previo en el aula consideraba que ésta no puede tomar valores elevados respecto a la carga que genera el campo.
- Buscan modificar el valor del potencial eléctrico.
- Intentan cambiar el valor del campo numérico no editable que muestra el valor del campo eléctrico en la posición de Qp.

- *Interpretación de las representaciones.* Cuando no acuerdan con el modelo previo trabajado en el aula.

- Mueven la carga Q_p alrededor de la carga Q_g con el objeto de comprender la acción que esta ejerce sobre Q_g advirtiendo que esta se ve influenciada por el campo que genera la carga Q_p .
- Señalan una imagen de color negro que aparece en un extremo de la pantalla sin llegar a comprender que se trata de la representación de las líneas de potencial.

- *Coordenadas del cursor.*

- Descubren el visor que muestra la posición del cursor.
- Manipulan el cursor para comprender la información que muestra el visor de color amarillo que aparece en forma emergente en el extremo inferior izquierdo de la pantalla. Buscan determinar la relación que pueda existir entre la posición en la que se encuentra el cursor y las posiciones de las cargas. Los desplazamientos del cursor, en las direcciones de las flechas que representan a los vectores, buscan encontrar relación entre el sentido de estas y los valores que muestra el visor. La información no se asocia con la posición del cursor.

- *Valores asociados a los parámetros.*

- Ingreso de carga de prueba negativa. Acción que se identifica en la mayoría de los casos.
- Descubren que cuando el valor que asignan a la carga Q_g es cercano o mayor a 1000 e no se visualizan las líneas de potencial. Esta situación se genera cuando el ancho del anillo interno con el que se representa al potencial es muy grande y no puede verse en el espacio destinado a la visualización. Se ejecutan acciones de validación y prueba para arribar a una conclusión. Asocian la no visualización con un problema de funcionamiento (el potencial no funciona con cualquier magnitud).
- Ingresan valores de carga de muchos dígitos y concluyen que los valores pueden ir de menos infinito a más infinito para el caso de Q_g y de 0 a infinito para Q_p . Esto evidencia que no encuentran limitaciones

para los valores de las cargas. La manipulación de la cantidad de dígitos permite observar que para ciertas relaciones de magnitudes muy diferentes el campo de la más pequeña deja de visualizarse. Existe una simbiosis simulación-contenido que se hace evidente cuando se presentan obstáculos que llevan a cuestionar en profundidad ciertos aspectos conceptuales. Se favorece la interacción con el contenido.

- *Relaciones que consideran magnitud y tamaño de las partículas.*

- Determinan que la carga de tamaño menor se mueve rápidamente cuando tiene asignado un valor más pequeño que la de mayor tamaño.
- Identifican del diámetro de los puntos que representan a las cargas. Se asocia el punto más chico a la carga Q_p y el punto más grande a la carga generadora. Se prueban cargas de diferentes magnitudes.
- Analizan el movimiento de las cargas en relación con el diámetro del punto que las representan y asocian el rebote con las paredes con la interacción que pueden estar generando otras supuestas cargas que no se ven.
- Asignan el mismo valor a ambas cargas para evaluar su comportamiento.
- Relacionan la velocidad de desplazamiento de las cargas en el espacio con la masa que pueda tener asignada cada carga. Hablan del principio de masa.
- Asignan magnitudes similares a las cargas, lo que impide que realicen asociaciones entre tamaño, magnitud y comportamiento.
- Relacionan la velocidad de desplazamiento de las cargas en el espacio con el valor que tiene asignado la carga (“*cuando más negativo más se atrae*”).
- Asocian la cantidad de carga con la fuerza de cada una y consideran que a más fuerza más velocidad. (“*Cuando Q_p tiene más fuerza va a ir más rápido*”.)

- Sostienen que a igual valor la de prueba se desplaza más lejos. Cuestionan que la dos se muevan (Distancia entre las cargas)
- *Ventanas y barras de scrolling.*
 - Manipulan en los tres escenarios las barras de scrolling debido a que la simulación no se muestra en forma completa en la pantalla. Esto se debe a la configuración en la visualización de las barras que presenta el navegador utilizado.
 - Consideran que la visita a los nodos complementarios ocasiona la pérdida del estado anterior del sistema.
- *Limitaciones del espacio de representación.*
 - Señalan como limitación la distancia a la que pueden situarse las cargas en el espacio de visualización.
 - Asocian el desplazamiento inesperado de las cargas en interacción y la no visualización de la representación del potencial, en algunos casos, con la limitación del espacio de representación.

6.2.2 Significado atribuido a la herramienta

En esta parte del análisis se focaliza en aquellos episodios en los que se han identificado acciones de exploración y gestión relacionadas directamente con la herramienta (exploración de la funcionalidad de la herramienta, **EFH**; exploración de la simulación del fenómeno, **ESF**; gestión de la actividad en relación con la herramienta, **GAH**) y aquellas relacionadas con la tarea (gestión de la actividad en relación con la tarea, **GAT**). Se consideran también las acciones relacionadas con la identificación de obstáculos (representación del conocimiento **ORC**, funcionalidad de la herramienta, **OFH**, y superación de obstáculos en relación con la funcionalidad de la herramienta, **SOF**) y cómo influyen estos obstáculos en la significación mientras se explora el conocimiento escolar (**ECE**).

A partir de los mapas de acciones presentados en la sección 5.1.3 se pudo determinar las acciones llevadas a cabo en cada episodio pero no se considera

la cantidad de veces (peso) que realizan cada acción. Para ello se elaboró una tabla incluyendo la frecuencia de las acciones realizadas en cada episodio.

A partir de este esquema se identificaron los episodios que presentaron mayor frecuencia de las acciones relacionadas con la herramienta (GAH, EFH, ORC, OFH, y ECE) para estudiar el significado atribuido a la herramienta.

El análisis de estos episodios permite conocer el significado que pueda atribuirse a la herramienta en la resolución, cuáles son las características de ésta que favorecen u obstaculizan la comprensión y el nivel de instrumentación⁴⁶ alcanzado en la exploración del conocimiento escolar.

A modo de ejemplo. Significado atribuido a la herramienta para un caso

En la **Tabla 14** se presenta la distribución de frecuencia de las acciones para el Caso 1. Las columnas remarcadas señalan episodios que parecerían ofrecer espacios de indagación más propicios para definir el “significado” atribuido a la herramienta por la confluencia de mayor cantidad de acciones que la involucran.

Tabla 14: Frecuencias de acciones en cada uno de los episodios que conforman la actividad.

Caso 1	Categorías Interacción	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
	EFH	2	7			5		3	5	2			3	1	1	1		
Exploración	ESF			1					3		1		3	1	1			
	ECE		6	3			1	3	6	1	4		6		5	1		
Gestión de actividad tarea/herramienta	GAT	3	3	1	2	3	3	3	1			1		2	2	1	6	2
	GAH		3	1		1			4									
	GAP				1	1	2	1	2			2		1	3	2	1	
Obstáculos	OPD							1							1			
	ORC			2		1					4		3	2	1	1	1	
	ORT												1					2
	OFH		1					1			1							
	SOF						1	1		1								
Diálogo con Pares y docente	DPT																	
	DPH																	
	DPC																	
	IDT	2			1	3	1											1
	IDF		1	3		2	2				1		3					
	IDC			1			1						1					
	CDT			1	1	3								1				
	CDH			1		1	1				2	1		1				
	CDC						1											

⁴⁶ La dimensión de *instrumentación*, en la génesis instrumental, corresponde a la constitución y evolución de la utilización y de los esquemas de acción mediados por el instrumento Rabardel y Bourmaud (2003).

Para determinar el significado atribuido a la herramienta se buscan evidencias que relacionen las diferentes categorías que se consideraron en el mapeo de frecuencias. Se dio respuestas a las siguientes preguntas:

- *¿Cómo es la relación entre la gestión de la actividad que involucra a la herramienta y la exploración de su funcionalidad?*

La gestión de la actividad en relación con la herramienta (**GAH**) ocurre hasta la mitad del proceso (E1-E7), coincidiendo con el período en el que también se realizan acciones de exploración de la herramienta (**EFH**) (E0-E8). Esta etapa inicial de reconocimiento de la herramienta se corresponde con un período en el que las características del software *influyen* sobre las estrategias de resolución y las concepciones previas de los estudiantes en relación con las herramientas. Lo que se puede asociar al proceso de *instrumentación* planteado por Rabardel (2003). En esta tabla se pone de manifiesto que las posibilidades y restricciones de las simulaciones influyen en las estrategias de resolución de problemas que emplean los alumnos. Por ejemplo, la simulación permite definir un valor para las cargas y desplazarlas, pero la posibilidad de asignar cualquier valor a la carga de prueba entra en conflicto con el modelo trabajado en las clases previas en las que se buscaba detectar la presencia de un campo cuando se colocaba una carga de prueba con valor muy pequeño en relación con el valor de la carga que genera el campo. Entonces los alumnos encuentran contradictorio que en este caso se denomine carga de prueba a una carga que puede tomar un valor igual o mayor al de la carga generadora. Quizás la simulación debería nombrarlas q1 y q2, pero el interés por trabajar con el modelo didáctico, lleva a generar esta contradicción entre las habilidades del artefacto y la denominación de los objetos virtuales.

- *¿Cómo son las relaciones que se identifican entre la exploración y gestión de la herramienta y la exploración del conocimiento escolar?*

Tanto la (**EFH**) como la (**GAH**) presentan valores de frecuencia elevados en los episodios E1 y E7, en los que también la exploración del conocimiento escolar (**ECE**) es elevada. Otro episodio que puede aportar información es el E13 en el que se identifican un número elevado de exploraciones relacionadas con el

conocimiento (ECE). Esto permitió determinar espacios de indagación para estudiar la relación que se establece entre el conocimiento, que es objeto de la actividad, y la herramienta. Se encuentran episodios en los que los estudiantes utilizan la herramienta guiados por la búsqueda de estados posibles del sistema o la comprobación de hipótesis relacionadas con el contenido que se está trabajando. Esto indica una etapa en la que disponen de la herramienta para construir conocimiento en correspondencia con una instancia de *instrumentalización* (Rabardel, 2003).

Las acciones asociadas a la gestión de la herramienta son producto de un proceso de negociación entre los miembros del par, dado que en todo momento puede observarse la colaboración continua. En varias oportunidades puede verse cómo un alumno le indica al otro cuando tiene que ejecutarse un determinado control, por ejemplo cuándo activar la visualización del potencial.

- *¿Cuáles son los momentos en los que se identifican obstáculos en relación con la herramienta?*

La mayor cantidad de obstáculos relacionados con la herramienta (**ORC, OFH**) se presentan en la segunda mitad del proceso, en los episodios E9 y E11. Principalmente son relacionados con la representación del conocimiento (**ORC**).

- *¿En qué períodos se identifican acciones de gestión de la tarea en relación con la herramienta?*

La gestión de la actividad en relación con la tarea (**GAT**) es permanente para este caso, y ocurre en la mayoría de los episodios. La ocurrencia y frecuencia de esta acción indica el compromiso del par con la tarea propuesta. Los episodios en los que esta categoría no tiene peso (E8, E9, E11) coinciden con etapas en las que se manifiestan rupturas debido a obstáculos asociados con la representación del conocimiento (**ORC**). La gestión de la tarea se intensifica hacia el final del proceso, con 6 acciones en el episodio (E15), momento en el que está culminando la actividad. En síntesis, puede identificarse a la TAREA como hilo conductor del proceso para este caso.

En los episodios seleccionados se pudo reconocer la relación que se establece con la herramienta, a partir de definir el significado de la acción en el contexto

interactivo. En la **Tabla 15** se presenta, a modo de ejemplo, un extracto del recorrido por el episodio E1 que muestra, para cada turno de habla⁴⁷, el sujeto emisor, la categoría de acción asignada y la relación que se establece con la herramienta.

Tabla 15: Extracto de los turnos de habla del E1 del Caso 1. Se muestra el número de turno, el sujeto que lo ejecuta, el diálogo que mantiene, la categoría de acción identificada y la relación que se establece con la herramienta.

Turno	S	Diálogo (lenguaje oral y digital)	Acción	Relación con la herramienta
...		...		
60	A	repelen, y qué pasa si yo quiero una carga generadora negativa? Qg -->, --> ah, pongo menos mil qué pava	GAH	Reconocen funcionalidad
61	B	Reset	GAH	Proponen una acción.
62	A	<reset>, acha cuero!!!!, no si estamos con todo	EFH	Reconocen la funcionalidad del control <Reset>. (Identifican atributos)
63	B	ah no me gustó el programa		Juicio de valor (negativo)
64	A	bueno te muestra las flechitas!, Qp -->, -->, mirá como van cambiando	ECE	Juicio de valor (algo muestra!) Reconocen manipulación directa de objetos. (Determinan un atributo)
65	B	y ponela más acá a ver	GAH	Propone una acción.
66	A	para mirá parecen agujitas del reloj que dan vuelta	ECE	Juicio de valor sobre la representación.
67	B	posta, mirá, ...bueno dale	GAT	
68	A	qué hago?	GAH	Proponen una acción. (Manipulación de carga)
69	B	mandala acá al medio a ver qué pasa?		
70	A	Oh! todas las flechas indican para adentro, oh, profe tenemos sólo un punto		
71	AyB	Risas		
72	A	ah podés mover la carga generadora también	EFH	Reconocen funcionalidad. (Identifican un atributo)
73	B	mirá, mirá, buenísimo, viste como se va perdiendo la fuerza?	ECE	Valoración de la herramienta.
74	A	claro perdés intensidad	ECE	
...		...		

Los identificadores que posibilitan establecer el significado atribuido a la herramienta en los episodios seleccionados son: *juicios de valor sobre la herramienta como tal*, *juicios acerca de lo que la herramienta permite* (en relación al contenido), *juicios en los que se reconocen los atributos de la herramienta* (en relación con la funcionalidad).

A continuación se listan ejemplos de cada uno de los identificadores para el Caso1:

- *Se emiten juicios sobre la herramienta*

⁴⁷ Recordamos que cuando hablamos de “habla” nos referimos a lo que dicen y lo que hacen.

En la **Tabla 16** se presenta parte de los diálogos en la que se identifican juicios sobre la herramienta. Mientras que por un lado se manifiesta un desagrado sobre la simulación por otro se destaca su valor para visualizar la representación del campo eléctrico. También se emiten juicios sobre el modelo que la simulación representa, se lo compara con los modelos previos trabajados en clase y sobre el modelo de interacción representado.

Tabla 16: extractos de diálogos en los que se identifican juicios sobre la herramienta.

Diálogos (lenguaje oral + digital)
<i>ah no me gustó el programa</i>
<i>bueno te muestra las flechitas!...</i>
<i>claro pero yo creo que al carga de prueba no existe y la estamos haciendo existir!</i> <i>... si la carga generadora es negativa, ..., la carga de prueba debería en algún momento, ..., quedar tan atraídas que se pegan, ..., peroooo!, ..., el programa, ..., el programa muestra un acercamiento, ..., un repeleimiento, luego se repelen, ..., y por último Qp comienza, a orbitar alrededor, alrededor de Qg.</i>

- Se emiten juicios sobre *lo que la herramienta posibilita*

En la **Tabla 17** se presenta un extracto de diálogo en el que se emiten juicios sobre las posibilidades que habilita la herramienta. En ellos se reconoce el valor para representar las particularidades del fenómeno simulado, por ejemplo la magnitud de la intensidad en relación con la distancia. Se reconocen las distintas formas en que las simulaciones presentan la interacción, en sus diferentes puestas (S1, S2 y S3) y la representación del potencial con círculos concéntricos de diferentes colores para mostrar la intensidad en cada zona equipotencial.

Tabla 17: extractos de diálogos en los que se identifican juicios sobre lo que la herramienta posibilita.

Diálogos (lenguaje oral + digital)
<i>mirá, mirá, buenísimo, viste como se va perdiendo la fuerza?</i>
<i>claro perdés intensidad</i>
<i>queee, la simulación representa un campo generado por una carga generadora //lee//</i>
<i>...</i>
<i>cuyo valor es modificable en interacción con la carga de prueba cuyo valor tb es modificable, el resultado que se genera es el campo, ...</i>
<i>poné esto en la primer simulación, a la segunda simulación se le agrega eee movimiento, ..., en la primer simulación están estáticos, ..., ...en la segunda simulación se agrega la presencia de movimiento, no pero no es la presencia de movimiento, no no pongas eso, es cómo reacciona una carga al estar la otra pero no con la carga de prueba</i>

qué pudimos observar?, se muestra, se agrega el concepto, ..., de potencialidad, ..., expresado en frecuencias, ..., en tonalidades, ..., noo, radiales, ...

- Se reconocen la funcionalidad de la herramienta, sus atributos.

En la **Tabla 18** se presenta parte del diálogo en los que se emiten juicios relacionados con la funcionalidad de la herramienta. Se reconoce la posibilidad de variar los signos de las cargas ingresando éste en el campo editable en donde se establece el valor de la misma. La función que cumplen los comandos dentro de la sintaxis de interacción, la manipulación directa de los objetos y la consecuente visualización de los cambios que genera. También se hacen explícitos juicios sobre las posibilidades que ofrece cada escenario de interacción, es decir aquello que cambia en cada simulación.

Tabla 18: extractos de diálogos en los que se identifica el reconocimiento de atributos sobre la herramienta.

Diálogos(lenguaje oral + digital)
repelen, y qué pasa si yo quiero una carga generadora negativa? Qg -->, --> ah, pongo menos mil qué pava
Reset
<reset>, acha cuero!!!!, no si estamos con todo
bueno te muestra las flechitas!, Qp -->, -->, mirá como van cambiando
mandala acá al medio a ver qué pasa?
<S3>, ah ahora tenés el potencial!

También las rupturas y continuidades en la interacción permiten inferir significados atribuidos a la herramienta. Entre los obstáculos identificados, en este caso, en relación con la herramienta podemos mencionar obstáculos en la representación del conocimiento (**ORC**) y obstáculos relacionados con la funcionalidad de la herramienta (**OFH**).

Los obstáculos **ORC** se relacionan con el modelo de interacción eléctrica trabajado previamente en clase y con la representación del comportamiento de las cargas. Por ejemplo la carga de prueba que puede tomar cualquier valor y la fuerza que podría ejercer sobre la generadora; la representación del potencial en forma de círculos concéntricos no se muestra en el área de visualización cuando el valor de las cargas es mayor a 1000 e; no pueden

observarse los vectores del campo en las áreas que coinciden con las franjas blancas que representan al potencial. La **Tabla 19** presenta algunos diálogos en los que se identificaron estos obstáculos.

La mayor dificultad se relaciona con la *carga de prueba*, que como tal, no debería generar campo. El artefacto no reproduce exactamente la situación estudiada en clases previas y la carga de prueba puede tomar cualquier valor, por lo tanto genera campo igual que la carga “generadora”. Se busca modificar su denominación y esta acción no es permitida debido a que se trata de un software semi-cerrado que sólo permite el ingreso de valores a parámetros, en este caso a las cargas.

Otro de los obstáculos identificados se relaciona con la *lectura de parámetros*. Cuando la secuencia no es resuelta en forma adecuada el resultado que se obtiene no coincide con el esperado. Por ejemplo, se ingresa un valor 0 para la carga de prueba y se espera que la carga generadora no se vea afectada por ésta, esto no ocurre debido a que como no se completa adecuadamente la secuencia se visualiza un estado anterior con valores ingresados en una etapa anterior.

El *rebote* que experimentan las cargas en las paredes del recinto donde se visualizan es identificado como un obstáculo en la representación de la interacción de las cargas con el campo.

Otra limitación que los alumnos también advierten es el rango acotado de valores que pueden asignarse a las cargas.

La representación del potencial con mapa de nivel y la representación vectorial del campo, que utiliza como indicador de menor intensidad la transparencia de las flechas, introducen un aspecto más a la complejidad del modelo que necesita ser considerado previamente.

Los obstáculos identificados se relacionan fundamentalmente con la contrastación del modelo de interacción trabajado previamente en el aula con el presentado en la simulación. El dinamismo que ofrecen las herramientas interactivas y la complejidad en la representación (computacional) agrega nuevos obstáculos que requieren de un tratamiento particular.

Tabla 19: Obstáculos en relación con la representación del conocimiento identificados en el Caso 1.

RUPTURAS en la interacción (ORC) <u>Caso 1</u>	
Obstáculo de representación	Ejemplos
La carga que es llamada de prueba no se comporta como tal	<p>A: las dos generan B: campo, A: No, no pueden, no, la carga de prueba no genera campo B: no es cierto que es de prueba</p> <p>[E2, 86-89]</p>
	<p>A: si pero sigue diciendo carga de prueba, //intenta borrar la denominación de Qp// "Quuu", otro número, ñ, oh, no lo toma, no entiende...</p> <p>[E2, 103]</p>
Comportamiento de la carga generadora (Qg)	<p>A: eeh, no estoy segura, eeh o sea porque yo le pongo valor cero a la carga de prueba D: Mmh A: pero la carga generadora se mueve igual</p> <p>[E9, 385]</p>
Representación de la interacción entre cargas	<p>A: no pero antes de rebotar, mirá, la pongo ahí Qp --> //cerca de la Qg// marcha <Marcha> y se mueve, y si igual no tendría que rebotar</p> <p>[E9, 400]</p> <p>B: si en cero coma cero cero uno se mueve igual viste...</p> <p>[E11, 445]</p>
Representación del campo y el potencial eléctrico	<p>A: no está acá, --> Qp //en el extremo inf izq. sobre la superficie de potencial, por ser del mismo color no la muestra/, o sea no entiendo ni esta línea ni esta línea y porqué se queda sin intensidad el campo si teóricamente es infinito?</p> <p>[E11, 464]</p>
Valores de los parámetros	<p>B: y coso, otra limitación es que no podés poner un valor más de mil</p> <p>[E15, 641]</p>

Los obstáculos en relación con la funcionalidad de la herramienta (**OFH**) se encuentran relacionados con la sintaxis de interacción para el ingreso y la lectura de parámetros. En la mayoría de los casos se modifican los parámetros pero no se completa la sintaxis omitiendo la acción sobre los controles (*Reset*, *Inicio*, *Leer*) respectivamente en cada una de las simulaciones que considera la ejecución con los nuevos valores ingresados. La **Tabla 20** presenta algunos ejemplos de los obstáculos de funcionalidad identificados.

La selección de la casilla que habilita la representación del campo no ocasiona cambios en la visualización debido a que falta leer los valores de las cargas. En otro ejemplo, se observa el movimiento de la carga generadora (Qg) aun cuando se le ha asignado valor cero a la carga de prueba (Qp). En algunos casos es el docente quien interviene para ayudar a comprender el ingreso de valores.

Ante el cambio de escenario se buscan controles utilizados previamente (por ejemplo, *Reset* en el escenario S1) y se realizan pruebas para identificar otros

que cumplan la misma función (por ejemplo, *Inicio* en S2).

Tabla 20: Obstáculos en relación con la funcionalidad de la herramienta identificados para el Caso 1.

RUPTURAS en la interacción (OFH) Caso 1	
Obstáculos funcionalidad de la herramienta	Ejemplos
Sintaxis incompleta	<p>A: y pero no pasa nada, <Campo>, <Campo>, Qp --> [E1, 43]</p> <p>D: si vos le pusiste cero no se tiene que mover! A: y se mueve D: se mueve la de arriba también? A: si D: bueno pero no debería B: mirá D: rebota, por eso se mueve A: no pero antes de rebotar, mirá, la pongo ahí Qp --> //cerca de la Qg// marcha <Marcha> y se mueve, y si igual no tendría que rebotar D: lo que pasa que no te tomó... pusieron inicio cuando le cambiaron el valor a cero! A: <inicio>, aah! B: aah, con razón D: viste que mostraba vectores alrededor porque tenía carga A: aah, con cero no se mueve, en uno debía estar D: ah [E9, 393-406]</p>
Denominación de los controles	<p>A: representan la distancia entre las dos cargas, ponele entre las dos cargas y el valor... //dicta//, <VQg> (1000) <Enter>, ay!, no está reset acá, marcha <Marcha>, paso <Paso>, inicio <Inicio> ah inicio!</p> <p>[E6, 280]</p>

Puede observarse que este grupo logra superar los obstáculos en relación con la funcionalidad (SOH) en tres oportunidades. Esto ocurre en los episodios E5, E6 y E8 cuando hacen explícita la detección. En la **Tabla 21** se muestran las continuidades identificadas en este caso.

Una de las continuidades se da ante el reconocimiento de la ayuda que ofrece la simulación para la edición del campo donde se ingresa el valor de las cargas. El campo se muestra de color amarillo, indica que falta la confirmación del mismo con el comando *Enter*. El campo se muestra de color rojo, indica que la sintaxis no es la correcta, por ejemplo faltan espacios en el texto.

Otra de las continuidades se da al reconocer comandos que tienen la misma funcionalidad a pesar de tener nombres diferentes.

Tabla 21: Continuidades identificadas a partir de la superación de obstáculos sobre la funcionalidad para el Caso 1.

CONTINUIDADES en la interacción (SOF) Caso 1	
Continuidad	Ejemplos
Ayudas	A: <VQg> (1000), <Enter>, está bueno eso del amarillito y el rojo, que está mal puesto te lo pone en rojo

	[E5,234]
Reconocimiento de controles con las misma funcionalidad	<p>A: representan la distancia entre las dos cargas, ponele entre las dos cargas y el valor... //dicta/, <VQg> (1000) <Enter>, ay!, no está reset acá, marcha <Marcha>, paso <Paso>, inicio <Inicio> ah inicio!</p> <p>[E6, 280]</p>
Reconocen sintaxis para ingreso de parámetros	<p>A: no se no lo probé, <VQg> (1000) <Enter>, <VQp> se pueden poner valores con coma?, (0,1) mh no //aparece el indicador de error en color rojo/, y cómo pongo un número con coma?, //prueba nuevamente y aparece el error//</p> <p>B: con este, ..., //prueba de otra manera// no se puede</p> <p>A: no pará ponele espacio ahí</p> <p>B: ahí está! //consigue ingresar el valor 1 de manera correcta//</p> <p>[E8, 368,371]</p>

Nivel instrumental alcanzado y significados atribuidos a la herramienta en todos los casos

A partir del análisis realizado, puede inferirse que el nivel de *instrumentación* logrado en la mayoría de los casos es entre medio y alto si se considera que se ha alcanzado a comprender la funcionalidad de la herramienta (las propiedades y los parámetros se convierten en elementos del modelo físico) y a utilizar, por ejemplo, el desplazamiento de cargas o variación de parámetros para validar una hipótesis. En un solo caso (Caso 3) se ha alcanzado un nivel de instrumentación bajo, sólo se utiliza de forma elemental los comandos sin llegar a comprender el funcionamiento. Esto puede inferirse a partir del reconocimiento de obstáculos que impiden a este grupo superar etapas de comprensión de la funcionalidad.

La *instrumentalización* ha sido alcanzada en un nivel básico a medio por la mayoría de los casos. Se encuentran en un nivel en el que se basan en unidades o valores de los parámetros pero no consideran las propiedades físicas, hasta la posibilidad que aparezcan inferencias figurales en algunos casos. En ningún caso se logra un nivel alto en esta dimensión que se asociaría a situaciones en las que se utilizan conocimientos físicos para interactuar y se logran abstraer de la herramienta.

Los significados atribuidos a la herramienta se relacionan con el nivel de instrumentación o instrumentalización alcanzado en cada caso. En la mayoría de los casos el significado que se atribuye a la herramienta está fuertemente condicionado por la situación de clase. En estos espacios de interacción la herramienta se constituye también en objeto de estudio para los estudiantes, además de ser un andamio propuesto por el docente, y esta condición moldea

el desarrollo de la construcción conjunta de conocimiento. En la mayoría de los casos se la considera un objeto acabado, no perfectible y esto condiciona sus argumentos. Se tiene una visión de la simulación como *reproductora*, como *aplicación práctica* de lo que se conoce.

Sólo en aquellos casos que reconocen las falencias que pueden presentar las simulaciones se pueden independizar de ciertos obstáculos y avanzan en la construcción de conocimiento.

6.2.3 A modo de cierre: La interacción digital en la construcción de conocimiento

El estudio de las secuencias de interacción digital ha demostrado mayormente que los recorridos de interacción excluyentes requieren ser explicitados por el docente para ayudar en el accionar y conseguir un buen uso del tiempo escolar. También se destaca que una vez superada la etapa de instrumentación el cambio a un escenario con características interactivas similares no ocasiona conflictos.

Los criterios que se siguen para organizar la actividad y las estrategias son variadas. Predominan aquellos que siguen un recorrido tradicional o natural por los distintos escenarios. Son escasos los períodos de instrumentalización alcanzados que den cuenta que el contenido se convierta en el foco de la actividad y se construyan nuevos conocimientos a partir de la interacción propuesta.

Se infiere en esta actividad una concepción del instrumento como algo acabado, no se lo reconoce como un medio para aprender nuevo conocimiento. Se le exige cumplir con lo conocido, es decir constituirse en aplicación práctica de lo que se conoce previamente sin considerar la posibilidad que puedan generarse otras situaciones que propondrían la construcción de nuevo conocimiento.⁴⁸

Como destaca Suárez Guerrero (2004), la teoría sociocultural del aprendizaje (Vigotsky, 1979) considera que “el aprendizaje es una experiencia

⁴⁸ Procesos de Enseñanza y Aprendizaje con Tecnología

fundamentalmente social” y nos ofrece los elementos para estudiar el valor de la interacción social en el desarrollo de la cognición. Esta teoría permite la evaluación de los diversos elementos del proceso de aprendizaje en función de la capacidad de enriquecimiento de los contextos, procesos y recursos para la interacción.

Los espacios de interacción en los que las relaciones docente-estudiantes y estudiante-estudiante se dialogizan permiten conocer la contribución cognitiva y social que realiza cada sujeto durante la actividad. Por ejemplo espacios de intervención docente, espacios de interacción comunicativa colaborativa entre estudiantes.

En el estudio de la dimensión *Interacción Social* en los PEACT se considera el contexto comunicativo en el que se desarrolla la actividad y las acciones de los sujetos involucrados para abordar el objeto de conocimiento en forma conjunta. Se focaliza en aquellos episodios en los que se han identificado acciones de relación con otros sujetos y se consideran las acciones de gestión de la actividad, exploración del conocimiento escolar y la influencia de los obstáculos o conflictos identificados en el plano social.

Las distintas situaciones comunicativas posibilitarían determinar el rumbo del proceso que se estudia y cuáles han sido los andamios necesarios durante el desarrollo. La reconstrucción de parte de los diálogos en los que los sujetos elaboran juicios en relación con el conocimiento escolar, el modo de gestionar la tarea y los obstáculos que se presenten permitirían identificar perfiles de actuación, la división del trabajo establecida y las normas y reglas necesarias para viabilizar la construcción conjunta de conocimiento.

Del cuadro presentado en el apartado 5.1.3, pág. 208 se extraen las categorías asociadas a los aspectos sociales. Para mejor visibilidad de las categorías de acción construidas en esta tesis se recomienda su visualización desde la página desplegable que se ha incorporado como **Anexo VII**.

En el

Cuadro 8 se muestran aquellas categorías de acción que se consideran en esta parte del análisis.

Cuadro 8: Categorías de acción que describen la interacción social.

Acción	Valores	Códigos	
<i>Explorar</i>	<i>Contenido Escolar</i>	ECE	
<i>Gestionar la Actividad (en relación con)</i>	<i>Tarea</i>	GAT	
	<i>Herramienta</i>	GAH	
	<i>Producción escrita</i>	GAP	
<i>Identificar Obstáculos (en relación con)</i>	<i>Respuestas a la Tarea</i>	ORT	
<i>Relación del par con otros sujetos</i>	<i>Consulta al docente (sobre)</i>	<i>Tarea</i>	CDT
		<i>Herramienta</i>	CDH
		<i>Contenido escolar</i>	CDC
	<i>Intervención Docente (en relación con)</i>	<i>Tarea</i>	IDT
		<i>Herramienta</i>	IDH
		<i>Contenido Escolar</i>	IDC
	<i>Diálogo con Pares de otros grupos (en relación a)</i>	<i>Tarea</i>	DPT
		<i>Herramienta</i>	DPH
		<i>Contenido escolar</i>	DPC

Para determinar los episodios que contribuyen en este estudio se consideran los mapas de acciones y las tablas de frecuencias presentada en el **apartado 6.2.2**, que muestran la distribución en el tiempo de las acciones antes listadas y la cantidad de veces que ocurre por episodio. Estos elementos permiten indagar el proceso a un nivel descriptivo pero no informan sobre el nivel discursivo que definiría el plano social de la actividad.

A continuación se presentan los instrumentos elaborados para profundizar el estudio de las interacciones desde la dimensión *Interacción Social* en los PEACT.

6.3.1 Colaboración en los PEACT

En el espacio de interacción que se genera en los PEACT la relación social está delineada por las posibilidades interactivas de los sujetos que participan. La colaboración es considerada motor de los avances en los procesos de aprendizaje.

El desarrollo de la gestión de la actividad en relación con la tarea (GAT) involucra la división de trabajo establecido, las reglas acordadas y el rol asumido por los integrantes de cada grupo. Estos aspectos nos permitirán identificar el **perfil** del grupo.

Una vez conocido el perfil de cada grupo y cómo han gestionado la tarea profundizaremos en el estudio de la construcción discursiva en los PEACT con el objeto de caracterizar la *Interacción digital en colaboración*.

Para conocer la distribución del trabajo en cada grupo se observa en qué parte de la tarea participa cada uno y cuál es la continuidad en ella. Para esto se identifican las siguientes acciones: *escritura sobre el papel* (para cumplir con parte de la tarea que es la producción escrita de las respuestas), *lectura de consignas*, *interacción con la simulación* (posesión del mouse), *diálogo con el docente o con sujetos de otros grupos de trabajo* (relación con otros sujetos) y *consulta de otros materiales de clase*.

Se elabora una tabla para registrar las acciones realizadas por los integrantes de cada grupo (**Tabla 22**).

Tabla 22: Acciones de los sujetos de la Actividad (par de alumnos).

Acciones que determinan el perfil de los integrantes (cada uno de ellos identificados como A y B respectivamente) del caso X													
Episodios	Escribe (responde consigna)		Lee pregunta		Utiliza el mouse		Dialoga				Consulta material cátedra		
			A	B	A	B	A	B	A	B			
	E0												
E1													
...													

Entender a la interacción social como condición para del aprendizaje invita a considerar el rol del agente mediador de la interacción como guía o la

cooperación de un par o compañero. Se consideran las ayudas o andamios que ofrecen los docentes y los mecanismos de regulación que despliegan los sujetos que trabajan juntos para lograr una meta común. Se indaga en la ZDP colectiva como zonas interrelacionadas que forman parte del sistema de enseñanza (Suárez Guerrero, 2004; Baquero, 2009a, 2009b).

Los mecanismos que ponen en juego los sujetos que interactúan se relacionan con el conocimiento del contenido, las habilidades previas de interacción con herramientas interactivas, las capacidades de cada uno para apropiarse de ellas o convertirlas en instrumentos y también con la actitud que tengan durante la actividad.

Los diferentes roles que puede asumir un sujeto en interacción con un par pueden definirse a partir de la conjugación de las funciones interactivas que cada uno cumple y que posibilitan la resolución de la tarea. El sujeto puede asumir desde una posición unilateral, en la que sólo cumpla un rol de guía o de acompañante del proceso, hasta un número variado de posibilidades que consideren las diferentes funciones. Los dos extremos de esta variabilidad se pueden definir de la siguiente manera.

- **Conductor o guía.** Esta categoría identifica al sujeto que, en la mayor parte del tiempo durante el que transcurre la interacción, lleva adelante el proceso de construcción de la actividad conjunta. Este sujeto ofrece ayudas para que su compañero pueda avanzar en la construcción de conocimiento y es quien va construyendo la ZDP colectiva.
- **Acompañante o seguidor.** Esta categoría identifica al sujeto que, en la mayor parte del tiempo durante el que transcurre la interacción, acuerda con lo que propone un compañero que asume un rol del tipo conductor o guía y sólo se limita a acompañar el proceso. Este sujeto es conducido en la ZDP que se construye en interacción con su compañero.

Con la intención de definir el **perfil grupal** que pueda generarse en estos ambientes consideramos la gestión de la actividad en relación con la tarea y el rol que haya desempeñado cada estudiante durante la interacción.

La interacción digital en colaboración

La interacción digital en colaboración se puede conocer a partir del estudio de la actividad discursiva de los sujetos que participan en el entorno digital. El análisis de esta actividad permite conocer los procesos de construcción de significados y apropiación de lenguaje que incluye al digital.

Para la identificación de patrones de interacción discursiva que involucran la interacción digital se emplean las categorías de Mortimer, Massicame, Buty y Tiberghien (2007). Estas categorías posibilitan codificar los distintos turnos de habla en relación con el tipo de enunciado que se emite en situaciones de colaboración entre pares aunque no consideran la emisión de enunciados en lenguaje digital. El **Cuadro 9** muestra cómo se cataloga el discurso a partir de tomar en consideración las categorías que han definido Mortimer, et al.

Cuadro 9: Categorías del discurso (Mortimer, et al., 2007)

	Categoría	Código	Descripción
Iniciación	Iniciación de elección	le	Demanda al sujeto que responde que acuerde o desacuerde con una afirmación que hace el sujeto que pregunta.
	Iniciación de producto	lp	Demandar una respuesta factual con un nombre, un lugar, una fecha, un color, etc.
	Iniciación de proceso	lpc	Demandar una opinión o interpretación al sujeto que responde.
	Iniciación de metaproceso	lmpc	Demandar a los estudiantes que sean reflexivos sobre el proceso de establecer conexiones entre las preguntas y las repuestas.
Respuesta	de selección	Res	a un enunciado de elección
	de producto	Rp	a un enunciado de producto
	de proceso	Rpc	a un enunciado de proceso
	de metaproceso	Rmpc	a un enunciado de metaproceso.
Otros	Validación (por el profesor)	V	Turno que cierra una secuencia triádica o una cadena cerrada de interacciones.
	Feedback (por el profesor)	F	Turno que demanda una elaboración adicional al alumno que responde dando lugar a que hable. Es el origen de cadena de interacciones.
	Síntesis final de interacción (por el profesor)	Sf	Enunciado final que sintetiza los puntos principales de los enunciados producidos en la secuencia.
	Sin interacción	Sin int	Cuando el profesor sólo habla sin alternar turnos con los alumnos.
	Intercambio verbal	Iv	Secuencia de intercambios abierta y difícil de encuadrar en las categorías anteriores.

La dinámica del análisis que se pretende realizar puso en evidencia la necesidad de incorporar el componente digital como un aspecto específico de las interacciones, otorgándole una nueva dimensión a las categorías de Mortimer. Se trata de una nueva forma de habla que participa del discurso y

que genera otro tipo de enunciados. Estos enunciados pueden ser: mixtos cuando el texto está constituido por símbolos de ambos lenguajes (hablado/o escrito y digital) o puramente digitales, cuando el texto está constituido sólo por símbolos que representan al lenguaje digital. En el primer caso se agregará el subíndice “d” a los códigos presentados en el cuadro 3 y en el segundo caso se identificará con “Id” o “Rd” según se trate de enunciados de iniciación o de respuesta.

Dado el interés particular de esta investigación de comprender la actividad discursiva desde lo digital el análisis focaliza en tramos en los que la interacción digital es más frecuente. Se seleccionan los episodios que presentan acciones que comienzan y concluyen dentro del mismo y que a su vez presentan cierta continuidad. En estos segmentos de interacción cada turno de habla es considerado como forma de acción mediada.

Las categorías de Mortimer permiten focalizar sólo en el habla oral o verbal. Se cree necesario profundizar en el estudio de esta nueva forma de habla que incluye a lo digital. Desde la perspectiva de la cognición situada y distribuida, que reconoce la importancia de los aspectos tanto individuales como sociales en el desarrollo y el aprendizaje promovido por la interacción entre iguales, puede pensarse a la herramienta como un nuevo sujeto de interacción que participa del discurso y colabora en la construcción de conocimiento.

A modo de ejemplo: la colaboración en el Caso 1

La distribución del trabajo en Caso 1

La **Tabla 23** muestra las acciones que realizaron los estudiantes del Caso 1 a lo largo de todo el proceso en el que transcurre la actividad.

El estudiante A en la mayoría de los episodios se encarga de la escritura, de la interacción con la simulación y de dialogar con el docente.

El estudiante B lee las preguntas guías y en algunos casos toma el mouse en el mismo episodio que el estudiante A (E4 y E8). También en una oportunidad interactúa con estudiantes de otros grupos.

Tabla 23: División del trabajo en el Caso 1.

Episodios	Acciones que determinan el perfil de los integrantes del Caso 1													
	Escribe o responde consigna		Lee consigna		Utiliza mouse		Dialoga				Consulta material de cátedra			
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
E0			X				X							
E1				X			X							
E2					X				X	x				
E3	x			X					X					
E4							X	X	X	x				
E5	X						X		X			x		
E6				X			X							
E7	x			X										
E8					X	X			X					
E9									X					
E10	x						X							
E11	x								X	x				
E12	x								X	x				
E13	x					X								
E14	X													
E15			X	X	X									
E16							X							

En el **Gráfico 1** se presenta la distribución del trabajo en este caso y las tendencias que pueden encontrarse. Se observa al estudiante A como el que más ha participado durante la actividad.

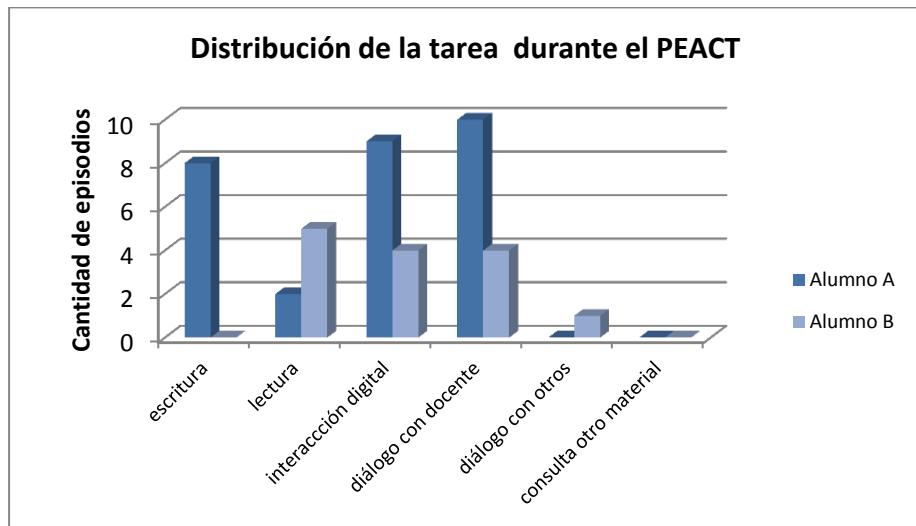


Gráfico 1: Distribución de la tarea a lo largo de los 16 episodios que conforman el proceso interactivo en el Caso 1.

Roles en interacción social

El estudiante A interactúa con las simulaciones y define el recorrido que se realiza por el entorno. Consulta al docente cuando se les presenta algún

conflicto en relación con la tarea, con la herramienta (funcionalidad o representación) o con la producción escrita. Intenta convencer a B que se encargue de la escritura pero no lo consigue, asumiendo él este trabajo. Demuestra un manejo adecuado de los objetos del entorno digital reconociendo fácilmente la funcionalidad de cada objeto de interacción. Su mayor preocupación es la denominación que recibe la carga que supuestamente sería “de prueba” situación que no considera de un modo extremo las características del modelo que habían trabajado con anterioridad en la clase. Es muy respetuoso de lo que propone su compañero asumiendo como genuinas las sugerencias que éste le hace por ejemplo cuando le recuerda la sintaxis de interacción. Consigue, hacia el final del proceso, determinar que las simulaciones guardan cierta semejanza y puede escribir lo que ha observado en colaboración con B.

El estudiante B en reiteradas oportunidades se remite a las preguntas para ordenar el trabajo. Recupera lo ya escrito y propone estrategias para continuar. También comenta en reiteradas oportunidades la tarea que falta cumplir. Colabora en la comprensión del fenómeno que se está representando y hace referencia a trabajos previos con este u otros fenómenos. Acuerda con A en la manera de realizar la producción escrita. Asume un rol de acompañante colaborativo del proceso. Esto es, no sólo se limita a seguir los pasos de A sino que aporta activamente en la realización de la tarea.

Se pueden definir los siguientes roles para este caso:

- **Conductor de la tarea:** es asumido por el estudiante A. Es responsable de la interacción digital, de la producción escrita y de las consultas al docente. Explicita los conflictos con la herramienta y con la representación del fenómeno. Conduce mayormente la tarea aunque no se generan puntos de vista divergentes que ocasionen que este estudiante tenga que ayudar en la comprensión a su par.
- **Acompañante colaborativo:** asumido por el estudiante B. Acuerda con “A” la producción y negocian el significado de algunas representaciones o los comportamientos de las cargas, ordena la tarea a partir de la

lectura de las preguntas. En ningún momento abandona a su par en la tarea. Asume un rol comprometido con el proceso.

Perfil del grupo

Para definir el perfil del grupo se consideran las categorías sobre la ZDP entre iguales y las características particulares de la mediación en situaciones de cooperación que propone Onrubia (1997).

Los distintos juicios que cada uno de los sujetos emitieron no constituyeron **puntos de vista divergentes** ya que no se observan en los diálogos períodos de negociación exhaustivos. El mayor contraste lo ha generado el estudiante A al cuestionar la pertinencia de llamar “carga de prueba” a una carga que puede tomar cualquier valor. Este conflicto es direccionado hacia el docente a quien A pide ayuda considerando su rol de experto en estos procesos.

Ambos sujetos realizaron un **control del trabajo** y se ayudaron mutuamente en la comprensión de las representaciones que las simulaciones proponían.

La coordinación de **roles** ha sido clara y definida desde el comienzo del proceso. Cada sujeto asumió una determinada tarea y se identifica a la *escritura* como la acción más negociada. El estudiante A controla la interacción con la herramienta y guía el proceso a partir de la navegación que construye. El estudiante B en ningún caso cuestiona el recorrido y sólo controla la resolución de la tarea a partir de la lectura de las preguntas guía.

La **interacción con el contenido** no ha generado situaciones conflictivas. No se profundiza en la complejidad del fenómeno sino en la representación que las simulaciones proponen, es por esto que la mayor parte de las negociaciones son sobre la representación.

La **actividad** se ha constituido en una **instancia** de repaso para este grupo y el significado atribuido a la tarea fue encontrar similitudes y diferencias del modelo representado con el que se había trabajado en clase. Esto es, sobre la incidencia de Qp, la representación del potencial, el comportamiento de las cargas y las limitaciones de la herramienta.

La interacción digital colaborativa

Para el estudio de la interacción digital colaborativa se selecciona, a modo de ejemplo, uno de los episodios entre los que presentan la mayor cantidad de acciones relacionadas con la exploración de la funcionalidad de la herramienta (EFH) y con la exploración de la simulación del fenómeno (ESF). En este episodio el diálogo transcurre en la simulación S3. La **Figura 28** presenta una instantánea del entorno en un instante en que se visualiza el campo y el potencial eléctrico en esta simulación. La representación considera los valores de 1000 e para la carga generadora (Q_g) y de 10 e para la carga de prueba (Q_p) y se ha activado la visualización del campo y el potencial eléctrico. Esta instancia del proceso se inicia en el minuto 27', luego de haber trabajado con las simulaciones 1 y 2.

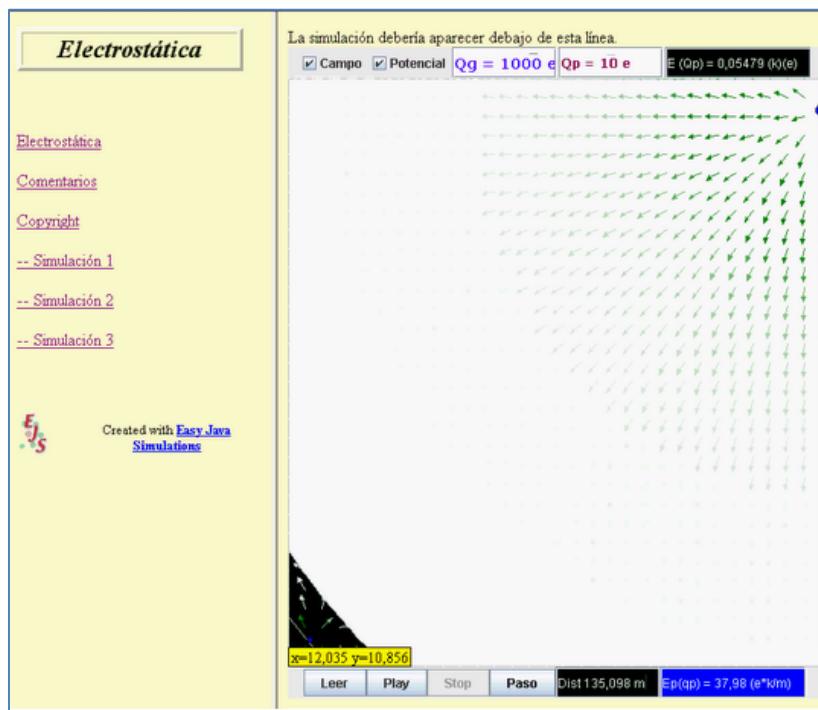


Figura 28: Imagen del entorno digital en un instante del episodio E7 en el Caso 1.

En la **Tabla 24** se presenta la transcripción correspondiente al episodio que se ha seleccionado y se determinan los tipos de enunciados de cada turno.

Tabla 24: tipos de enunciados identificados en el E7 del Caso 1.

301	E7	A	x<1644187>(0:27:24.2)<S3>, ah ahora tenés el potencial!	Impcd
302		B	oh! es jodido el potencial	Rmpc
303		A	<POT><POT><CE>,	Id-Rd
304		B	no se nunca entendí lo de potencial qué es	Rmpc
305		A	<VQg>(1000)<Enter>, <VQp>(10)<Enter>	Id-Rd
306		B	Play	Ipc

307	A	<Play>	Rpcd
308	B	poné leer	Ipc
309	A	<Stop>, <leer>	Rpcd
310	B	ponele el potencial también	Ipc
311	A	ah campo, <CE>, <leer>	Impc-Id
312	B	potencial ahora	Ipc
313	A	<CE>, <POT>, <POT>, <POT>, <Play>	Rpcd
314	B	niaammm, ..., está re grande mirá	Ipc
315	A	ay, no entiendo	Rpc
316	B	yo tampoco	Rpc
317		...	
318		...	
319	A	qué significa esto negrito acá? //señala el borde inferior izquierdo del panel en donde aparece las líneas de potencial cuando la carga Qg se posiciona en l vértice superior derecho del panel, cuando esta desciende no se ve el potencial porque por el radio no puede mostrarse en ese espacio//, <Stop>	Ip
320		...	
321	A	es como que adquiere velocidad no?, se va para allá, rebota y viene con velocidad pero como son las dos positivas eeh,	Rp
322	B	che la b)	S int
323	A	como que tiende a repelerse, llega hasta un punto Qg -->, --> que la velocidad no le alcanza y se vuelve, ves esto negrito no lo entiendo //señala en el extremo parte de las líneas de potencial que se observan//	Impcd
324	B	qué negrito?	Rpc
325	A	ves?	le
326	B	capás que está entrando otro campo, no	Rpc/le
327	A	ah capás	Re
328	B	ah se va del campo, va pero tendría que generar otro esta	Impc
329	A	<play>	Id
330	B	al fijar la distancia..., se	S int
331	A	<Stop>, <POT>, Qp -->, --> //hacia el centro//, Qg --> //hacia el centro, cerca de la de prueba//, <VQp> (5) <Enter>, <Play>, ah porqué va tan rápido!, ..., ah porque estaban muy juntas	Impcd
332		...	
333		...	
334	A	Qp --> //hacia la generadora//, <VQp> (1) <Enter>, <Leer>, <CE>, <Play>,	Id (S Int con B)
335	B	viste lo que me preguntó?	le
336	A	No	Re
337	B	sí las negativas siempre tienen las flechas para adentro, te acordás que eran radiales?, lo preguntó hasta en la prueba	V
338	A	queee, la simulación representa un campo generado por una carga generadora //lee//,	Impc
339	B	y si	Rmpc
340	A	cuyo valor es modificable en interacción con la carga de prueba cuyo valor tb es modificable, el resultado que se genera es el campo, si lo ponés entre paréntesis?	Ipc
341	B	no porque esto es lo más importante	Rpc
342	A	esto entre paréntesis	Ipc
343	B	o entre comas es una posibilidad	Rpc
344	A	al modificarse la distancia se modifica //lee// la interacción entonces notamos que a medida que se aleja	Impc
345	B	te falta lo de radiales	Rpc
346	A	qué dice b)	Ip
347	B	qué representa la simulación da detalle de lo que observas	Rp
348	A	eem, como es, poné esto en la primer simulación, a la segunda simulación se le agrega eee movimiento	Ipc
349	B	Claro	Rpc
350	A	en la primer simulación están estáticos,	Ipc
351	B	también,	Rpc
352	A	punto en la segunda simulación se agrega la presencia de movimiento, no pero no es la presencia de movimiento, no, no pongas eso, es cómo reacciona una carga al estar la otra pero no con la carga de prueba	Ipc
353	B	Claro	Rpc

El inicio del discurso en este episodio (líneas 301 a 304) muestra un diálogo sobre lo nuevo que presenta esta simulación en relación con las dos ya visitadas. El estudiante B responde al comentario de A y manifiesta que le ha resultado difícil comprender el significado del potencial eléctrico. El patrón discursivo es en este caso del tipo I-R-(Id), siendo Id representado por la acción inmediata del estudiante A sobre la simulación. Este accionar muestra la apropiación de la manipulación de las variables en relación con la funcionalidad del sistema y tiene una ocurrencia en el tiempo que se superpone con la respuesta que emite B.

Luego, en el tramo siguiente (líneas 306 a 313), el patrón discursivo establece una relación entre enunciados del tipo I-R (o Ipc-Rpc) en el que el estudiante B va recordando la sintaxis de interacción y el estudiante A las ejecuta. Este tramo del discurso vuelve a cerrar con una estructura del tipo I-R-F (o Ipc-Rpc-Rpc) en la que el enunciado es emitido por el estudiante B en relación con lo que se observa en la pantalla (líneas 314 a 316).

La estructura discursiva del próximo tramo, líneas 319 a 322, está compuesta por el patrón I-R (o Ipc-Rmpc), es decir el diálogo es iniciado por el estudiante A y es él mismo quien responde a su comentario. Este enunciado no es validado por el estudiante B quien emite un nuevo enunciado en relación a la tarea (menciona la pregunta que tienen que responder) que no es correspondido.

En la siguiente secuencia de habla (líneas 323 a 331) el estudiante A continúa con su enunciado intentando describir lo que está ocurriendo y en este caso es validado por B que repregunta a su compañero.

La línea 334 muestra un enunciado que se corresponde con una intervención del tipo **Id** en la que sólo se interactúa con la simulación. Luego se presenta un tramo interactivo en el que se comenta lo que se ha hablado con otros grupos (líneas 335-337).

El último tramo de este episodio presenta una estructura discursiva simétrica (Ipc-Rpc) en la que el diálogo es fluido y se relaciona con la producción escrita.

Patrones de interacción discursiva

La colaboración entre iguales en los PEACT determina que se intercambien las diferentes ideas a la vez que se interactúa con la herramienta. Este intercambio constituye un *abordaje comunicativo dialógico*⁴⁹ en el que cada uno de los interlocutores considera las ideas de sus pares para interactuar con la herramienta. Según Mortimer y Scott (2003) tal abordaje puede a su vez ser interactivo, cuando involucra la participación de más de una persona, o no interactivo, cuando involucra la participación de apenas una persona.

Considerando las categorías definidas antes citadas se han observado los siguientes patrones de interacción discursiva en relación con la interacción digital:

- Intervenciones de *Iniciación digital interactivas*: son secuencias de habla en las que la Interacción digital forma parte de la cadena discursiva. El diálogo que se desarrolla contiene enunciados del tipo Id y los intercambios comunicativos se refieren a éstos enunciados. Los mismos enunciados pueden clasificarse a su vez en:
 - a) intercambios que hacen referencia explícita a los objetos de la interfaz y lo que éstos representan, sin comprometerse con el contenido representado. A su vez las intervenciones son predominantemente digitales. Por ejemplo las líneas 307, 309 y 313:

306	B	<i>Play</i>	Ipc
307	A	< <i>Play</i> >	Rpcd
308	B	<i>poné leer</i>	Ipc
309	A	< <i>Stop</i> >, < <i>leer</i> >	Rpcd
310	B	<i>ponele el potencial también</i>	Ipc
311	A	<i>ah campo, <CE>, <leer></i>	Rpcd
312	B	<i>potencial ahora</i>	Ipc
313	A	< <i>CE</i> >, < <i>POT</i> >, < <i>POT</i> >, < <i>POT</i> >, < <i>Play</i> >	Rpcd

- b) los que involucran juicios relacionados con el fenómeno que se está representando. Por ejemplo, como puede observarse en el tramo discursivo que se muestra a continuación (líneas 90, 92, 94, 102, 104, 106, 108 y 110) la interacción digital está fuertemente comprometida con el fenómeno que se representa.

⁴⁹ Los alumnos dialogan utilizando sus propios puntos de vista. Lo que hace que un discurso sea funcionalmente dialógico es el hecho que las diferentes ideas sean consideradas y no el hecho de ser producido por un grupo de personas o por un individuo solitario.

90	B	<i>porqué aparece rojito ahora?, esto no lo tenemos que modificar nosotros, Qg -->, --> y bueno, Qg --> --> y lo movilizamos siii</i>	<i>Ipc, Rpc, Id, F</i>
91	A	<i>no entiendo, poné reset a ver qué pasa?</i>	<i>Ipc</i>
92	B	<i><reset>,</i>	<i>Rpcd</i>
93	A	<i>Aaah!</i>	<i>Ipc</i>
94	B	<i>aa, me re gusta, Qg -->, --> //hacia la Qp//, mirá esta línea, Qg -->, --></i>	<i>Rpc, Id, Ipc, Idd</i>
95	A	<i>y cuando son las dos positivas las dos se repelen</i>	<i>Ie</i>
96	B	<i>mmh, es así, mirá</i>	<i>Rpc</i>
97	A	<i>mirá, mirá la flecha esta</i>	<i>Ipc</i>
98	B	<i>Si</i>	<i>Rpc</i>
99	A	<i>y si le ponés a esta negativa?</i>	<i>Ipc</i>
100	B	<i>a este?</i>	<i>Ie</i>
101	A	<i>Si</i>	<i>Re</i>
102	B	<i>le pongo un menos?, <VQg> (-1000)<Enter>, <Reset>, si, uyl, se atraen!, ay, qué divertido!, bueno pará, queé pasa si, que pasará si le cambiemos valores?, <VQp>(1000)<Enter></i>	<i>Ie, Rdd, Ipc, Rpc, Ipc, Rdd</i>
103	A	<i>ahí está mirá el campo</i>	<i>Rpc, Ipc</i>
104	B	<i>si, Qg --> Qp //II//, es más grande, mirá, <VQp> (900)<Enter> <Reset>, Qg -->, --> panpa, panpa, y si le ponemos 1?</i>	<i>Rpc, Idd, Rdd, Ie</i>
105	A	<i>y dale</i>	<i>Re</i>
106	B	<i><VQp> (1)<Enter>, esto de tener que poner enter..</i>	<i>Idd+Ipc</i>
107	A	<i>bueno pero eso no era entre eeee..</i>	<i>Rpc</i>
108	B	<i><VQg> (-1)<Enter>, <Reset>, ehhh!, Qg -->, -->, Qp-->, -->, no me gusta, ese quedó feo, 10, y 10, no, <VQg> (-10) <Enter>, <VQp> (10) <Enter>, no, cada vez más!, claro</i>	<i>Idd, Rpc (Rmpc), Idd, Rpc</i>
109	A	<i>mirá la distancia</i>	<i>Rpc</i>
110	B	<i>Qg -->, --> Qp vayamos cambiando valores, <VQp> (100)<Enter> <Reset>, ah!, mirá que bueno, bueno, vamos a poner los dos positivos,</i>	<i>Ipc+Idd,Rpc</i>
111	A	<i>se repelen</i>	<i>Ie</i>
112	B	<i>se repelen, Uh!</i>	<i>Re</i>

- Intervenciones de Iniciación digital no interactivas (Idni): son secuencias de habla en las que la Interacción digital no forma parte de la cadena discursiva. Esto es, el estudiante que interactúa con la herramienta desarrolla cadenas de uno o más enunciados que no son compartidos con el otro sujeto. Este tipo se da mayormente en situaciones en las que el otro sujeto está abocado en una tarea diferente como puede ser escribir las respuestas a las preguntas guía. Por ejemplo en las líneas 303 y 305.

301	A	<i>#<1644187>(0:27:24.2)<S3>, ah ahora tenés el potencial!</i>	<i>Ipcd</i>
302	B	<i>oh! es jodido el potencial</i>	<i>Rmpc</i>
303	A	<i><POT> <POT> <CE>,</i>	<i>Id(ni)</i>
304	B	<i>no se nunca entendí lo de potencial qué es</i>	<i>Rmpc</i>
305	A	<i><VQg> (1000) <Enter>, <VQp> (10)<Enter></i>	<i>Id(ni)</i>

Otros ejemplos se relacionan con aquellos segmentos discursivos en los que la interacción digital es realizada en su totalidad por quien emite los enunciados. Algo así como pensamiento en voz alta que enuncia este locutor particular en el que además del lenguaje oral utiliza el digital (líneas 319 a 322).

319	A	<i>qué significa esto negrito acá? //señala el borde inferior izquierdo del panel en donde aparece las líneas de potencial cuando la carga</i>	<i>Ipcd</i>
-----	---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

	<i>Qg se posiciona en l vértice superior derecho del panel, cuando esta desciende no se ve el potencial porque por el radio no puede mostrarse en ese espacio//, <Stop></i>	
320	...	
321	A <i>es como que adquiere velocidad no?, se va para allá, rebota y viene con velocidad pero como son las dos positivas eeh,</i>	Rmpc
322	B <i>che la b)</i>	S int

La colaboración en todos los casos

La distribución del trabajo

Se presenta a continuación un detalle de la distribución de las tareas durante el proceso interactivo en todos los casos. Estas tareas consideran acciones de lectura, escritura, interacción con la herramienta, diálogo con el docente, diálogo con compañeros de otros grupos y consulta a otros materiales.

El **Gráfico 2** muestra, para todos los casos, el porcentaje de episodios en los que cada uno de los estudiantes que trabajan juntos se ocupan de la lectura de preguntas guía. Esta tarea es compartida sólo en tres de los 8 casos (1, 5 y 8), mientras que en el resto se observa una clara asunción de este rol por uno de los sujetos.

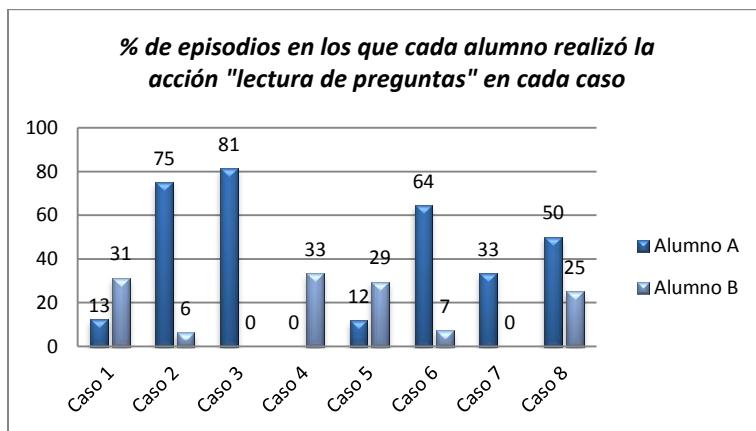


Gráfico 2: Porcentaje de episodios en los que cada estudiante realizó la acción “Lectura de preguntas”

El **Gráfico 3** muestra, para todos los casos, el porcentaje de episodios en los que cada uno de los estudiantes del par se ocupa de la escritura de las respuestas a la tarea. La acción de escritura sólo fue compartida en 3 de los 8 casos (5, 6, y 8) aunque en un porcentaje dispar. En la mayoría de los casos esta acción es realizada en forma individual por uno de los sujetos del par.

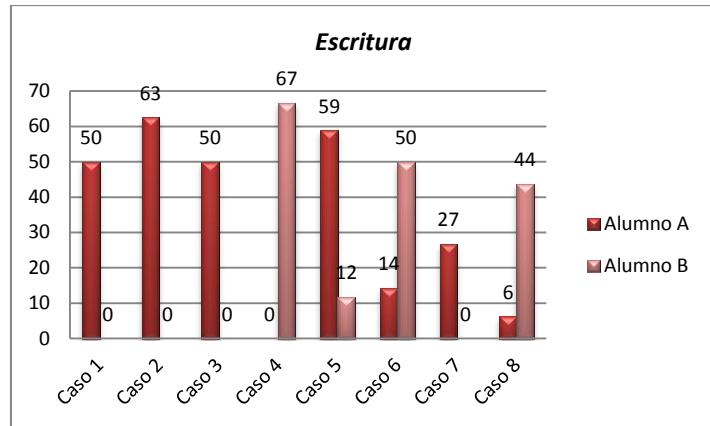


Gráfico 3: Porcentaje de episodios en los que cada estudiante realizó la acción “Escritura sobre papel”

El **Gráfico 4** muestra, para todos los casos, el porcentaje de episodios en los que cada uno de los estudiantes interactúa con la herramienta digital. Nótese que a diferencia de la escritura para responder a la tarea esta acción es compartida por los dos sujetos en todos los casos.

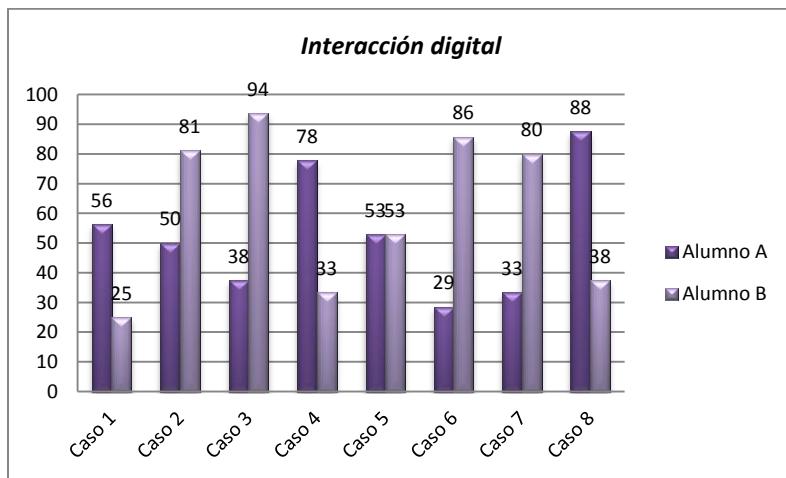


Gráfico 4: % de episodios en los que cada estudiante realizó la acción “Escritura sobre papel”

El **Gráfico 5** muestra, para todos los casos, el porcentaje de episodios en los que cada uno de los estudiantes que trabajan juntos dialoga con el docente. Como puede observarse en el Caso 5 sólo uno de los dos estudiantes del par dialoga con el docente, en el resto de los casos la consulta al docente se transforma en una tarea compartida por el par.

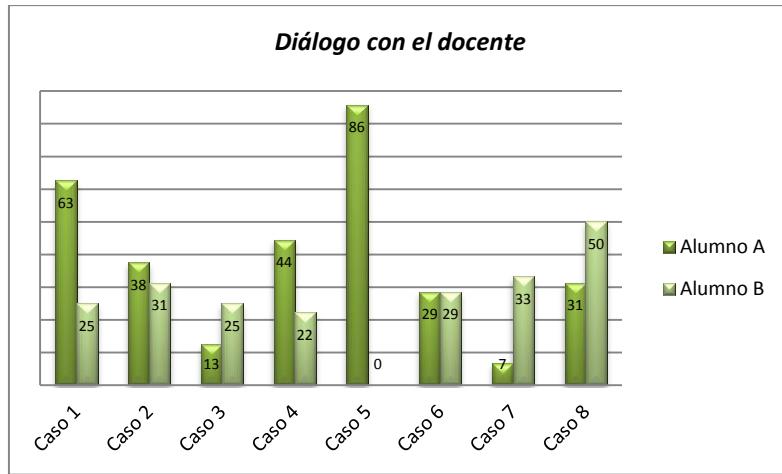


Gráfico 5: % de episodios en los que cada estudiante realizó la acción “*Diálogo con el docente*”

El **Gráfico 6** muestra, para todos los casos, el porcentaje de episodios en los que cada uno de los estudiantes que trabajan juntos se comunica con compañeros de otros grupos. Esta relación se da en la mitad de los casos y en porcentajes muy pequeños. Esto puede indicar que no se reconoce la posibilidad de solicitar ayudas a los pares de otros grupos.

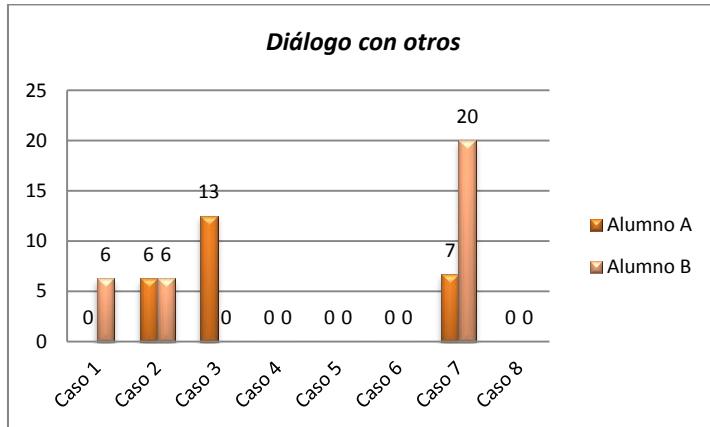


Gráfico 6: % de episodios en los que cada estudiante realizó la acción “*Diálogo con otros*”

Puede observarse como la interacción con la herramienta es la acción más compartida en todos los casos lo que evidencia el interés de los estudiantes por interactuar con la simulación.

Roles en interacción social

El análisis del rol particular que han asumido cada uno de los sujetos que interactuaron durante el proceso interactivo en los diferentes casos ha permitido identificar las características de interacción que se mencionan a

continuación.

En la mayoría de los casos se ha observado que ambos sujetos asumen en mayor o menor medida y de manera alternada el rol de mediador o guía del proceso. Ambos colaboran con el desarrollo de la tarea. Esta colaboración puede ser desde la motivación que les sugiere la tarea, desde la necesidad de validar si la herramienta representa al fenómeno como ellos lo conocen o simplemente desde la necesidad de cumplir con la actividad en el tiempo establecido. En todos los casos existe un período de exploración en el que se van acordando los roles que se asumen durante el proceso. Los diálogos son fluidos y se comparten tanto las producciones como las decisiones de interacción con la herramienta y de interacción con el docente luego de intentar resolver en forma conjunta algún conflicto.

Estas características se corresponden con las enunciadas por Onrubia (1997) cuando define la ZDP entre iguales. El contraste entre puntos de vista moderadamente divergentes que resulta favorable para crear la ZDP, genera un conjunto de existencias personales y de equipo que se solventan a lo largo de todo el proceso. Las explicaciones de los propios puntos de vista que exige una comunicación entendible y hace que el otro considere sus propios puntos de vista. Y por último la coordinación de roles, el control mutuo del trabajo y la recepción bilateral de ayuda.

Perfil grupal

Las relaciones sociales que cada grupo de trabajo establece y el compromiso con la actividad definen su perfil interactivo. La colaboración en interacción comunicativa y el tratamiento de los puntos de vista divergentes que ocurrieron durante el proceso, el rol particular que asumió cada uno de los integrantes del grupo, el compromiso con la situación de aprendizaje, el significado que se le haya atribuido a la actividad, muestran las características del grupo.

En la mayoría de los casos se observa la colaboración de ambos integrantes del par para el desarrollo de la actividad. La predisposición para colaborar en la resolución de la tarea se corresponde, claramente, con la condición de alumno

como sujeto que transita por una situación de aprendizaje construida socialmente.

Se listan a continuación los puntos de vista divergentes que fueron relevantes y ocasionaron situaciones de negociación fueron.

- *Identificación de parámetros y variables.* Determinación de parámetros que se podían manipular y cuáles eran variables del modelo. En la mayoría de los casos tal identificación no ocasionó conflictos. Sólo en el Caso 8 esta situación generó un conflicto y determinó que se desarrolle un período de negociación.
- *Visor de posición del cursor.* En dos casos (Caso 4, Caso 7) ocasiona diálogos para negociar el significado de la información que se está visualizando. Se lo relaciona con el sentido de las flechas y con la intensidad.
- *Visor de la distancia entre las cargas.* Se dialoga sobre su significado y la posibilidad de manipularlo (Caso 7).
- *Vista de la simulación.* El significado de lo que se ve representado en la simulación (Caso 2).
- *Limitaciones de las simulaciones.* Por ejemplo, en la simulación S1 las cargas no se mueven; en la simulación S2 las paredes que limitan el movimiento; la distancia preestablecida entre las cargas (Caso 2).
- *El modelo físico.* La relación que existe entre el modelo trabajado en clase y el simulado (Caso 4).
- *Tamaño de las partículas que representan a las cargas.* La relación entre las cargas y su tamaño en la pantalla. La identificación de la carga generadora (caso 4).
- *Identificación de las cargas.* Según el valor asignado a cada una y el comportamiento. Expresan que la carga positiva “le tira los positivos” a la otra (Caso 5).
- *Errores de la simulación.* Por ejemplo, las cargas se sobre pasan; el potencial no se visualiza para valores de Qg mayores a 1000 e (Caso 6).

- Identificación de las simulaciones y de su funcionalidad (Caso 6, Caso 7).
- *Interacción entre las cargas.* Cómo interpretar el movimiento que experimentan las cargas (Caso 7).
- *Representación del campo y potencial eléctrico en las diferentes simulaciones.* Cómo explicar la diferencia entre la visualización del campo y el potencial en las simulaciones con y sin movimiento (Caso 7).
- *Masa y carga.* La diferencia entre masa y carga y su relación con campo gravitatorio y eléctrico (Caso 7).
- *Representación del potencial eléctrico.* La representación de las líneas de potencial y de las superficies equipotenciales como círculos concéntricos con diferentes tonalidades (escala de grises de blanco a gris para los positivos). Se asocia el color blanco a la ausencia de potencial (Caso 1).
- *La nomenclatura utilizada para referirse a las partículas cargadas.* Carga generadora y carga de prueba (Caso 1).

El significado que comúnmente atribuyen a la actividad es de Repaso. Buscan determinar que lo que vieron en clase se cumple en la simulación. La actividad se constituye en un proceso de validación. Es común que destaque la posibilidad de poder ver, a diferencia de lo trabajado en clase, el movimiento que experimentan las cargas. Dicen “*ver lo estudiado en movimiento*” y resaltan “*la diferencia con el dibujo estático*”.

En otros casos van más allá y mencionan puntualmente para qué sirvió la actividad: “*la simulación permite observar la influencia de una carga de prueba sobre la carga generadora del campo*”, “*mejor manera de ver cómo funciona el campo de una forma más visual, debido a los movimientos de éste*”, “*ver cómo interactúan los campos, de observar su potencialidad*”.

Patrones de interacción discursiva digital

Los patrones de interacción discursiva digital que se han identificado consideran los modos de interacción digital en las interacciones discursivas

entre pares. Tales patrones involucran turnos de habla sólo en lenguaje digital como así también enunciados que se expresan tanto en lenguaje oral y digital. La **Tabla 25** muestra las diferentes secuencias de intervención identificadas y las categorías definidas.

Tabla 25: tipos de intervención de interacción digital en los PEACT.

Intervenciones discursivas que consideran la interacción digital en los PEACT			
Tipo de intervención	Categoría	Código	Descripción
Iniciación	Digital interactivas	Idi	<ul style="list-style-type: none"> • Intercambios hacen referencia explícita a los objetos de la interfaz y lo que estos representan, sin comprometerse con el contenido representado
			<ul style="list-style-type: none"> • Intercambios que involucran juicios relacionados con el fenómeno que se está representando
	Digital no interactivas	Idni	<ul style="list-style-type: none"> • Secuencias de habla en las que la Interacción digital no forma parte de la cadena.

Es importante volver a mencionar que se trata de abordajes comunicativos dialógicos en los que ambos miembros del par consideran el punto de vista de su compañero de grupo. En ninguno de los casos estudiados se han identificado abordajes comunicativos de autoridad aún en los diálogos con el docente.

6.3.2 Intervención docente en los PEACT

En las relaciones que los sujetos establecen con sus pares o con el docente se pueden identificar ciertos mecanismos semióticos originados en procesos de ayuda o colaboración. Estos mecanismos surgen cuando los sujetos buscan apoyos cognitivos que faciliten el acercamiento al objeto. Tales mecanismos pueden iniciarse por una necesidad de los estudiantes, que explícitamente llaman al docente, consultan con compañeros de otros grupos, o cuando el docente decide intervenir para auxiliar a los estudiantes ante algún conflicto.

Las intervenciones docentes durante el proceso se constituyen en mecanismos de influencia educativa que tienen lugar en la llamada zona de desarrollo

próximo que es construida en la actividad conjunta. Estos mecanismos pueden transformarse en andamios de la Actividad.

Los recursos previstos por el docente en su diseño didáctico como son las simulaciones, los materiales de clase y los enunciados de las tareas, que se incorporan desde la génesis del proceso interactivo, no serán considerados como intervenciones en este estudio.

El análisis de los mecanismos de ayuda focaliza en los diálogos (nivel discursivo) que los docentes mantienen con los estudiantes. El objetivo es analizar los elementos y mecanismos interviniéntes en la construcción conjunta y los procesos de andamiaje que puedan generarse para alcanzar la meta propuesta.

En un primer nivel de análisis se trata de conocer qué ocurre con la Intervención Docente en los PEACT. Entre otras cuestiones nos planteamos en qué medida estos mecanismos están presentes, cuáles son los factores que los desencadenan, qué grado de relación guardan con la herramienta tecnológica. Para esto se elabora un esquema que refleja una descripción general de las intervenciones docentes. Este esquema muestra la distribución de las intervenciones docentes en cada uno de los episodios que conforman la actividad, el sujeto que las motiva (docente o estudiante) y el motivo de la intervención (**Tarea**, **Herramienta** o **Contenido**).

En segundo lugar, se realiza un análisis de las acciones de Intervención Docente en su contexto comunicativo (diálogos) y se estudian los mecanismos de andamiaje que se originan. Dado que el interés central de esta investigación es la interacción digital en los PEACT, el análisis se restringe al conjunto de intervenciones docentes cuyo foco es la herramienta. Como se ha mencionado en varias oportunidades esta restricción sólo posibilita seguir un camino para estudiar la interacción en la que el investigador se posiciona desde la dimensión de interacción digital y analiza la influencia de ésta en las dimensiones de interacciones sociales y con el contenido. Y también se considera un recorrido para la visualización del proceso interactivo desde lo digital pero teñido de factores implícitos fuertemente relacionados con el

contenido escolar y con la tarea que se ha propuesto para construir significados.

Para comprender el discurso que se enuncia en cada situación de intervención docente es necesario considerar el contexto comunicativo particular del PEACT en donde se realiza la interacción docente-estudiante. Tal interacción comunicativa supone la emisión y recepción de discursos de acuerdo a un código lingüístico común. Según la perspectiva de Jakobson algunos factores y funciones presentes en la situación comunicativa son: los interlocutores que asumen el rol de emisor o receptor (sujetos que participan); las circunstancias que originan la necesidad de comunicación (espacio y tiempo), la Intención comunicativa (motivo por el que se inicia la comunicación), y el tema (mensaje que se transmite). Una primera categorización del contexto, considera la cantidad de interlocutores que participan de la intervención docente, se definen dos tipos de contextos para estas acciones: *diálogos* (el contexto comunicativo implica a todos los interlocutores (estudiantes y docente) y *monólogos* (el docente emite algún enunciado que no implica un acto comunicativo).

Finalmente, a partir del contexto comunicativo en el que se desarrollan las acciones de intervención docente se analizan las situaciones en que éstas pueden constituirse en andamios para los estudiantes.

En el marco de la teoría sociocultural para que una situación de interacción con el docente facilite el aprendizaje en quien es guiado debe ocurrir o situarse en la ZDP, ya que determina las características de un sistema de interacción socialmente definido. La acción consiste en introducir una ayuda gradual que considere el segmento de interacción, es decir el momento en que el desarrollo es sensible a la ayuda. Las modalidades de interacción son entendidas como ayudas o guías por parte del experto dentro de la ZDP.

El **Cuadro 10** presenta las categorías complementarias que permiten abordar el estudio de las Acciones de *Intervención Docente* en el plano del andamiaje. La regulación muestra quiénes fueron los sujetos que inician y asumen la responsabilidad en la interacción. El tipo de ayuda hace referencia a las necesidades de los distintos grupos de aprendizaje que se enfrentan a este tipo de procesos interactivos. Finalmente, la efectividad analizada durante el resto

del proceso, puede dar indicios del desarrollo cognitivo de los estudiantes en relación con determinados conflictos que no habían podido resolver solos.

Cuadro 10: Categorías de análisis de la intervención docente.

Intervención Docente – Andamios			
Categoría	Valores	Código	Descripción
Regulación de la intervención	Estudiantes	ARA	Acción regulada por los estudiantes. La iniciativa y la responsabilidad de la intervención recaen en el grupo de estudiantes.
	Conjunta	ARC	Acción regulada conjuntamente. La iniciativa y la responsabilidad de la intervención recaen en el grupo de estudiantes y el docente.
	Docente	ARD	Acción regulada por el docente. La iniciativa y la responsabilidad de la intervención recaen en el docente.
Tipo de intervención	Consulta	AIC	El docente indaga sobre cómo va el proceso.
	Guía	AIG	Acción de intervención guía. El docente establece guías para facilitar la resolución de la tarea. Posibilita la identificación de los elementos necesarios para la ejecución de la tarea.
	Indicación ⁵⁰	All	Acción de intervención Indicación. El docente indica cómo resolver la tarea. El docente establece los procedimientos y pasos para la ejecución de la tarea.
	Demostración	AID	Acción de intervención demostración. El docente realiza las acciones de resolución.
Efectividad	Alta	AEA	Acción de efectividad alta. La intervención docente determina las acciones a seguir para resolver de la tarea. Los estudiantes pueden avanzar en la tarea después de la ID. El proceso interactivo se desarrolla correctamente
	Media	AEM	Acción de efectividad media. Los estudiantes avanzan en la tarea después de la Intervención Docente pero no han comprendido en forma adecuada la problemática que fuera foco de la intervención. El desarrollo del proceso se modifica parcialmente. (Por ej. no comprende aún la funcionalidad de la herramienta si el foco fue la herramienta).
	Baja	AEB	Acción de efectividad baja. La intervención docente no modifica los modos de accionar para la resolución de la tarea. La intervención no modifica el desarrollo del proceso.

El estudio del proceso de andamiaje considera el tipo de ayudas necesarias en cada intervención, las dificultades u obstáculos de los estudiantes y la efectividad en la resolución de la tarea después de la intervención docente.

A modo de ejemplo: Las acciones de Intervención docente en el Caso 1

Plano general de las acciones de Intervención Docente

⁵⁰ Mostrar o significar algo con indicios y señales.

En primer lugar se observa un esquema general de las acciones de Intervención Docente (**Tabla 26**). Puede observarse que se desarrollaron con más frecuencia en la primera mitad de la actividad (E0-E5). La mayoría de las intervenciones son motivadas por los estudiantes. El motivo predominante, tanto para las intervenciones originadas por el docente como para aquellas originadas por los estudiantes, es la herramienta y su funcionalidad.

Tabla 26: Distribución de las Intervenciones Docente para el Caso 1. T: Tarea; H: Herramienta; C: Contenido.

Intervención Docente						
Motivada por	Docente (ID)			Estudiante (CD)		
Motivo	T	H	C	T	H	C
Categorías	IDT	IDH	IDC	CDT	CDH	CDC
E0	X					
E1					X	
E2		X	X	X	X	
E3				X		
E4				X		
		X				
			x			
E5				X	X	
E6						
E7						
E8						X
E9					X	X
E10						
E11		X				
E12					X	
E13						
E14						
E15						
E16				X		
Totales	2	3	1	4	6	3
	6				13	

Contexto comunicativo de las acciones de Intervención Docente

La **Tabla 27** presenta el contexto comunicativo de cada una de las intervenciones docente en este caso. En la primera columna puede observarse cuál es el motivo de la intervención, es decir el tema del mensaje para cada una de las intervenciones. En este caso son más frecuentes aquellas que se relacionan con la herramienta. Estas intervenciones se dan al comienzo del proceso y se realizan mientras se interactúa con S1. Con menor frecuencia también se realizan intervenciones durante la interacción con S3. Los estudiantes son los sujetos que mayormente motivan las intervenciones y la

regulación de los diálogos se realiza por igual entre estudiantes y docente que participan en la mayoría de las intervenciones.

Las líneas de color celeste muestran la ocurrencia de monólogos que se corresponden con aquellas intervenciones que el docente dirige a toda la clase, actuación lingüística que puede estudiarse como una situación de comunicación pública particular en la que el espacio de comunicación es el aula.

Tabla 27: Contexto comunicativo de las intervenciones docente para el Caso 1.

Contexto comunicativo de la Intervención Docente – Caso 1												
Tema	Episodios	Nodos	Inicia			Regula			Participa		Regulación	Tipo de ayuda
			A	B	D	A	B	D	A	B		
Tarea	E0	NC			x	x	x		X	x		
		NC			x			x				
	E2	S1	x					x	x			
	E3	S1	x			x			X			
		S1		x			x		X	x		
	E4	S1	x			x	x		X	x		
		S1		x			x		X	x		
	E16	S3	x					X	X			
Herramienta	E1	S1	x			x			X	X	conjunta	indicación
	E2	S1			x	x			X	x	estudiantes	guía
		S1	x					X	X	x	docente	guía
	E4	S1		x			x		X	x	conjunta	guía
		S1	x			x			X	x	estudiantes	indicación
	E5	S1	x			x			X	x	estudiantes	guía
	E9	S2	x			x		X	X	x	conjunta	guía
	E11	S3		x	x		x		X	X	conjunta	guía
	E12	S3	x			x			X	x	estudiantes	guía
Contenido	E2	S1		x					X	x		
	E5	S1	x			x			x			
	E8	S2	x					X	x	x		
	E9	S2	x			x			x	x		

En la mayoría de las instancias, las intervenciones se transforman en guías que el docente ofrece. Tales guías tienen la intencionalidad de lograr en forma creciente la autonomía de los estudiantes y que éstos vayan progresivamente asumiendo el control de la tarea.

El andamiaje en las acciones de Intervención docente

Para conocer el tipo de ayudas y su efectividad se analizan los conflictos que las originan y cuáles pueden ser los obstáculos. Estos conflictos determinan el segmento de interacción en el que ocurre la relación y definen la ZDP en los procesos que estudiamos.

Los conflictos que ocasionan quiebres en el proceso interactivo y determinan la interacción con el docente pueden clasificarse en:

a) Conflictos relacionados con la comprensión de la funcionalidad de la herramienta. Entre otros se pueden mencionar:

- No saben cómo interactuar con la herramienta. Preguntan cuáles son los parámetros y qué valores tienen que asignarles.
- Entienden que algo hay que cambiar pero no saben cómo. No comprenden el ingreso de parámetros.
- No visualizan cambios, no reconocen la sintaxis de ejecución.
- Se detuvo la aplicación.
- No comprenden lo que se muestra en un campo no editable.
- No pueden reconocer cuáles son los parámetros (quieren confirmar).
- Buscan modificar un campo no editable.

En algunos casos estos conflictos son advertidos por el docente y es éste el que ocasiona la situación de interacción. Algunos ejemplos son:

- No comprenden cómo utilizar la herramienta para iniciar la tarea. El docente advierte esta situación y explica cómo es el entorno de trabajo y la interfaz. (más relacionado con la tarea pero muy unido a la herramienta)
- No se ingresan correctamente los parámetros y en los campos editables se muestra el fondo en color amarillo.

b) Conflictos relacionados con la representación del conocimiento:

- No están de acuerdo con que se llame carga de prueba a una carga que puede tomar cualquier valor.

- Unidades de medida en las que se expresa el valor de las cargas.
- El comportamiento no es el esperado.
- No comprenden la representación del potencial.

c) Conflictos relacionados con la herramienta que impiden la realización de la tarea:

- No pueden visualizar el potencial como lo ven otros grupos.
- No comprenden cuál es el valor que tienen que asignar a las cargas.
- No entienden cuál es el funcionamiento de la simulación.
- Descubren que hay un valor para el cual el potencial no se visualiza y consultan sobre esto.

En algunos casos estos conflictos son advertidos por el docente quien promueve la situación de interacción. Algunos ejemplos son:

- Intenta conocer cómo se está desarrollando el proceso.
- Advierte que han encontrado un caso particular de estudio.
- Quiere saber si han comprendido el funcionamiento.

La ayuda o guía que pueda ofrecer el docente se transforma en andamio para los estudiantes si opera en la ZDP y consigue modificar el accionar de estos para la resolución de la tarea. Resulta entonces necesario indagar el tipo de ayuda que ofrece el docente y determinar cuál es la efectividad de éstas en la resolución de la actividad.

Como se presentara en el **Cuadro 10**, se han identificado cuatro tipos de ayuda en los procesos estudiados: *consultas, guías, indicaciones y demostraciones*.

Las **consultas** hacen referencia a intervenciones en las que el accionar del docente busca conocer cómo se está desarrollando el proceso, si se ha comprendido la funcionalidad de la herramienta. Son intervenciones motivadas en general por el mismo docente y pueden o no transformarse en diálogos que requieren de guías u indicaciones de cómo seguir con la tarea.

Las intervenciones de tipo **guía** se relacionan con la posibilidad del docente de ofrecer los elementos necesarios para la resolución de la tarea. Se han identificado las siguientes acciones de tipo guía para este caso:

- explicaciones de cómo la herramienta simula el fenómeno, (lo que se está observando),
- repreguntas,
- propuestas de relacionar los componentes del fenómeno,
- el recuerdo de la sintaxis,
- interrogación sobre lo que se está observando (representación, comportamiento),
- orientación para identificar cada elemento,
- ayudas para entender el comportamiento y la relación con lo esperado.

El ejemplo que se muestra a continuación representa un caso de intervención de tipo guía en la que la iniciativa es de los estudiantes. En este caso la regulación es conjunta. Primero es el docente quien frente a las preguntas de los estudiantes interviene repreguntando con el objeto de promover la respuesta. Busca orientarlos hacia la construcción del concepto de parámetros y les propone realizar una prueba que reafirme o invalide el juicio que están emitiendo al considerar a la distancia como un parámetro. Finalmente se observa que los estudiantes utilizan el mismo mecanismo que el docente y reiteran la pregunta a la que el docente contesta con una afirmación en la que define la funcionalidad de un campo no editable que cumple la función de visualizar un determinado valor que relaciona a los objetos que componen el modelo simulado.

- B: entonces los parámetros son Qp y Qg y la distancia
D: y la distancia vos la podés cambiar?
B: Sii
A: si, claro pero tenés un límite igual <Dist>
B: o acá cambiándole el coso
D: pero si la cambias ahí no se cambia la distancia entre las cargas o si?
A: ah no?, Qp --> -->, Qg --> -->,
D: no porque eso está puesto como un visor
A: ah, claro

Las intervenciones de tipo **indicación** se relacionan con la posibilidad del docente de establecer los procedimientos y pasos para la ejecución de la tarea, identificándose las siguientes:

- explicación de la sintaxis para el ingreso de parámetros,
- explicación de la sintaxis para la ejecución de la simulación,
- propuesta de registrar en forma escrita lo observado,
- explicación de la función de los elementos de la interfaz,
- explicación de las características de la funcionalidad relacionadas con el fenómeno,
- explicación de las características de la funcionalidad relacionadas con la representación del fenómeno.

El siguiente diálogo muestra una ayuda de tipo indicación. La iniciativa es de los estudiantes que ante la situación de no visualizar ningún cambio en la pantalla consideran que el valor que han ingresado a la carga puede no ser el esperado. El docente interviene indicando que es necesario leer los nuevos valores e indica que se logra al accionar el comando *Reset*.

A: *cuánto tiene que medir la Carga de Prueba, cien?*
D: *no, hasta que no lee los valores no muestra nada*
A: *por?*
D: *y el reset...*
A: *Al!, <Reset>, ahhhhh!!!*

De las intervenciones identificadas puede inferirse que las definidas como de tipo *indicación* se encuentran fuertemente relacionadas con la funcionalidad de la herramienta y en menor medida con el contenido. Es decir, las *indicaciones* necesarias involucran fuertemente las características funcionales de la herramienta. Por otro lado, las intervenciones identificadas como *guía* se encuentran relacionadas con el contenido que la herramienta está representando más que con la tarea.

No se identifican para este caso intervenciones de tipo **demonstración** relacionadas con la posibilidad del docente de realizar las acciones necesarias para la resolución de la tarea.

Para analizar la efectividad en las intervenciones docentes se han estudiado las ayudas recibidas y se ha seguido el desarrollo de la Actividad con el objeto

de identificar puntos de ruptura o continuidades que evidencien el resultado de la ayuda.

Se ha observado que las ayudas han sido efectivas en algunos casos para avanzar en la comprensión del modelo computacional y en otras para comprender el modelo físico que se está representando. Esto se relaciona con los dos niveles de complejidad interactiva con los que se trabaja en estos entornos y que determinan diferentes compromisos en las acciones.

Ejemplos de ayudas que permiten avanzar en la comprensión del modelo computacional:

- explicación de la funcionalidad de un campo no editable,
- discusión sobre las limitaciones de representación de la herramienta y trabajo con valores adecuados,
- consideración del error en cualquier simulación.

Ejemplos de ayudas que permiten avanzar en la comprensión del modelo físico:

- Interpretar el modelo que propone la simulación aún sin acordar con ello.
- Construir el significado de un determinado valor que se muestra.
- Comprender las unidades en que se expresan las cargas.
- Interpretar el comportamiento de los objetos de la simulación.

El mayor conflicto para este grupo, en el que las ayudas del docente no fueron suficientes, se relaciona con el concepto de parámetro y de variable dependiente. Confunden el valor que se muestra de la distancia entre las cargas como un valor que pueden modificar. Las ayudas han tenido una efectividad baja en una primera instancia en la que se abordó esta problemática y media en otra, sin llegar a comprender el significado de parámetro. Comprenden la relación que existe entre los valores que se visualizan pero aún no comprenden que éstos no son parámetros que ellos pueden manipular directamente.

A modo de conclusión: cuando se trabaja con una simulación son relevantes las guías que el docente pueda ofrecer en relación al fenómeno. Las ayudas de

tipo indicación parecen ser fáciles de suplir con un tutorial. Sin embargo, las del tipo guía necesitan del espacio de interacción, en el que puedan realizarse las ayudas como acciones compartidas que tiendan a favorecer la comprensión de la tarea y promover la actuación autónoma de los estudiantes. La pregunta que surge es cómo determinar en los PEACT esos espacios qué se construyen según las necesidades de cada sujeto particular. Sin duda esto es otro indicio de la necesaria presencia del docente durante la Actividad.

Las acciones de Intervención Docente en todos los casos

Plano general de las acciones de Intervención Docente

La **Tabla 28** muestra la cantidad de intervenciones docentes para cada uno de los casos estudiados y el foco de la intervención en cada caso.

Tabla 28: La Intervención Docente en todos los casos. (T: tarea; H: herramienta; C: contenido)

Casos	Docente (ID)			Estudiante (CD)			Intervenciones por casos
	T	H	C	T	H	C	
	IDT	IDH	IDC	CDT	CDH	CDC	
1	2	3	1	4	6	3	19
2	4	2	0	1	5	0	12
3	3	2	0	2	2	0	9
4	1	1	1	2	0	0	5
5	4	1	0	1	1	0	7
6	2	2	0	1	0	0	5
7	1	2	1	0	0	1	5
8	4	5	1	2	0	0	12
Total de Intervenciones	21	18	4	13	14	4	74

La frecuencia de las intervenciones docentes, aún en aquellos casos en los que el total de intervenciones es bajo, es un indicio de la función mediacional que el docente cumple en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Muestra su preocupación por generar espacios de interacción comunicativa que favorezcan el proceso.

Es importante notar la variedad de situaciones de interacción con el docente observados en los distintos casos. Recordemos que se estudian los procesos interactivos en ocho casos enfrentados a la misma situación de aprendizaje. Este abanico de situaciones en relación a la interacción con el docente

evidencia la variedad de ayudas que pueden ser necesarias en procesos de aprendizaje generados por diferentes grupos, con diferentes intereses, demandas, posibilidades, experiencias interactivas previas.

Es escasa la ocurrencia de instancias de interacción con el docente cuyo foco es el contenido. Recordemos que la mayor parte de las intervenciones del docente relacionadas con la herramienta requieren de ayudas de tipo guía a las que hemos definido como fuertemente teñidas por el contenido que se está representando. Por otro lado en todos los casos se identifican intervenciones docentes en relación con la herramienta.

Contexto comunicativo de las acciones de Intervención Docente

En la **Tabla 29** se presenta el contexto comunicativo de las acciones de Intervención Docente motivados por la herramienta en todos los casos.

Tabla 29: Contexto comunicativo de las intervenciones docente con foco en la herramienta en todos los casos.

Casos	Intervenciones	Regulación			Tipo de ayudas			
		Estudiantes	Docente	Conjunta	Consulta	Guía	Indicación	Demostración
1	9	4	2	3		7	2	
2	7	1	3	3		5	2	
3	4	1	2	1	1		3	
4	1		1			1		
5	1		1					1
6	2	1	1			2		
7	2			2		1	1	
8	4	1	3			1	3	
		8	13	9	1	17	11	1

El análisis de las intervenciones docentes contribuye en la construcción de la categoría *Interacción social* y pone en evidencia aquellos aspectos de las relaciones que los estudiantes establecen con el docente.

En los casos en que las intervenciones del docente en relación con la herramienta son frecuentes parecería que la regulación es conjunta o de los estudiantes. El docente no es necesariamente quien inicia el diálogo. Se evidencia un esquema de acción en la ZDP en el que el docente introduce la ayuda en la medida en que ésta es solicitada por los estudiantes.

Los tipos de intervención docente son, en la mayoría de los casos, la indicación o la guía, mientras que las de tipo consulta o demostración sólo se identifican

en una oportunidad dentro de las intervenciones relacionadas con la herramienta.

El andamiaje en las acciones de Intervención docente

Recordemos que para conocer el tipo de ayudas necesarias y su efectividad se analizan los conflictos u obstáculos que las originan. Se presentan a continuación las ayudas identificadas en todos los casos:

Guías para:

- interpretar lo que se está visualizando (campo, potencial), y porqué se están visualizando de esa manera,
- comprender la noción de parámetro y de campo no editable o visor,
- comprender las unidades de medida,
- comprender el comportamiento de las cargas o de la simulación en sus casos extremos o de interrupción,
- comprender las limitaciones del modelo representado en la simulación,
- comprender la funcionalidad de la simulación y los comandos para manejarla (pasos, tiempos, inicio, pausa, fin),
- conocer las diferentes herramientas que utilizarán.

Indicaciones sobre:

- sintaxis para el ingreso de parámetros,
- pasos para realizar la tarea.

Consultas:

Las intervenciones de tipo *consulta* se encuentran relacionadas mayormente con la tarea y su aparición denota alguna cuestión que sólo es respondida y no da lugar a diálogos más extensos.

Demostración:

Las intervenciones de tipo *demonstración* son escasas en los casos estudiados. Sólo en una oportunidad se ha identificado una intervención de este tipo y se detalla a continuación:

- Posesión del mouse para trabajar con el ingreso de parámetros y la ejecución de la simulación.

En este caso el docente toma el mouse para ayudar a visualizar en forma correcta la pantalla del navegador y continúa mostrando el ingreso de parámetros. Como puede observarse la iniciativa es del docente y el motivo es favorecer la interacción de los sujetos con la herramienta.

A continuación se presentan los *logros* observados luego de las intervenciones del docente para todos los casos. Estos logros determinan una efectividad alta para el proceso de andamiaje y, como se mencionara anteriormente, se encuentran relacionados con los diferentes niveles de operatividad que se presentan en los PEACT, determinados en este caso por la interacción con los modelos computacional y físico.

- Comprensión del modo de operar una simulación.
- Comprensión de la sintaxis de interacción.
- Comprensión de la funcionalidad de los elementos de control.
- Reconocimiento de los elementos o puntos de interacción directa con la simulación (parámetros y objetos manipulables).
- Comprensión de lo que propone la simulación, aún sin acordar con ello.
- Comprensión del significado de un determinado valor que se muestra.
- Reconocimiento de un campo no editable (elemento de la interfaz que muestra el valor de alguna variable dependiente).
- Comprensión de las unidades de medida en la que se expresan algunos parámetros.
- Comprensión del comportamiento de los objetos del modelo simulado.
- Comprensión de las limitaciones de representación de la herramienta y trabajo con valores adecuados.
- Comprensión de la factibilidad del error en cualquier simulación.
Consideran que está mal hecho.
- Reinicio sin ayuda del sistema después de una interrupción del mismo.

- Identificación de casos particulares que permiten avanzar en la construcción del conocimiento que se representa.

Los casos en que las ayudas han tenido una efectividad media se relacionan con situaciones en las que los estudiantes no comprenden completamente cómo interactuar con la simulación. En algunos de ellos es el concepto de parámetro el que no pueden asimilar y en otros es la sintaxis completa de interacción para ejecutar la simulación de forma adecuada.

Sólo se ha identificado un caso en el que la efectividad fue baja y se relaciona con la imposibilidad de reconocer lo que es un parámetro (caso 1).

Otra posibilidad es la relación que pueda existir con estudiantes de otros grupos de aprendizaje que trabajan en alguna máquina ubicada contigua. Son escasos los casos en los que se ha observado esta interacción.

Son escasas las situaciones de ayudas solicitadas a pares de otros grupos. En general se consulta para visualizar “algo” que otros han logrado y que no se consigue. En menor cantidad se dan aquellas relacionadas con el contenido y consideran cuestiones sobre las unidades de medida, el modelo trabajado en clase, por ejemplo la condición para que una carga sea considerada de prueba. Las consultas relacionadas con la tarea son dirigidas, en todos los casos, al docente, en ningún caso se dirigen a pares de otros grupos. Esto muestra el carácter de guía socialmente establecido para la persona más experta y promotora del espacio de interacción. Se ve al docente como la persona que diseña las tareas compartidas para favorecer el aprendizaje y el referente en la resolución de la misma.

6.3.3 A modo de cierre: la construcción conjunta de conocimiento

Se identificaron en esta parte del estudio aquellos descriptores que permitieron estudiar las relaciones sociales que se establecen en el SA de la clase.

Las relaciones sujeto-docente se han estudiado tomando como referente el concepto de Influencia Educativa (Coll, Mauri y Onrubia, 2008b) como mecanismo que se activa cuando los sujetos requieren ayudas para avanzar durante la actividad.

En un primer acercamiento, el plano general de acciones permite conocer cuándo y por qué son necesarias las ayudas y quiénes son los sujetos que las originan. En los casos estudiados estas ocurren en diferente grado durante distintas etapas del proceso y se hace evidente la preocupación del docente por generar espacios comunicativos para orientar a los estudiantes. El foco principal de las situaciones de ayuda es la herramienta y en menor medida el contenido.

El estudio del contexto comunicativo nos permite conocer quiénes ejercen la regulación y qué tipo de ayudas son necesarias en cada caso. Se ha encontrado que en las intervenciones docentes en relación con la herramienta la regulación es conjunta o sólo de los estudiantes y predominan las de tipo guía o consulta. Esto destaca el rol de guía que adopta el docente durante la actividad.

Las relaciones comunicativas con pares de otros grupos son escasas. Esto muestra que el sujeto de la comunidad que mayormente interactúa con el grupo (sujeto del sistema) es el docente. La situación no promueve las interacciones con pares de otros grupos.

La identificación de obstáculos o conflictos que se presentan durante la actividad, cómo se los resuelve y la efectividad de las ayudas, nos acercan al estudio del proceso de andamiaje. Las distintas ayudas requeridas apuntan a favorecer la interacción de los estudiantes con las herramientas. En estos casos se evidencian situaciones de alta efectividad. Los avances que se logran se encuentran relacionados fundamentalmente con los niveles de operatividad determinados por la interacción con los modelos computacional y físico.

El docente cumple un papel fundamental en la actividad. Los procesos que evidencian más relaciones con todos los elementos que componen el sistema de actividad son aquellos en los que se identificaron mayor cantidad de intervenciones docentes.

La relación estudiante-estudiante fue estudiada tomando como referente el concepto de colaboración entre pares y el carácter social y colectivo de la ZDP.

Los descriptores que nos permitieron definir el perfil de cada grupo son: la división del trabajo y el rol que asume cada sujeto durante la colaboración. Se

ha identificado que la interacción con la herramienta ha sido la acción más compartida en todos los casos. Ambos estudiantes colaboran con el desarrollo de la tarea y asumen en mayor o menor medida el rol de mediador o guía del proceso, al que reconocen como un espacio de construcción conjunta.

Finalmente, es para resaltar que los patrones de interacción discursiva digital que se han identificado en todos los casos tienen el mismo estatus que el lenguaje oral en la construcción de argumentos para este tipo de procesos. En su mayoría se corresponden con abordajes comunicativos dialógicos en los que se consideran los puntos de vista de ambos sujetos.

6.4 Dimensión de interacción con el contenido

Cada vez que el hombre se enfrenta a una realidad, busca en los archivos de su cultura aquellos que le permitan comprenderla según el contexto. Se genera así un diálogo entre cultura, contexto y cognición. Este proceso de interpretación origina el fenómeno por el cual un signo da nacimiento a otro signo y los significados pueden verse como unidades culturales interrelacionadas unas con otras (Eco, 1986).

El aprendizaje mediado por tecnología ha de tener particularidades propias derivadas de los lenguajes que agrega digital, visual, gráfico, etc. En esta tesis se analizan las interacciones con la tecnología a los fines de indagar en las características de la construcción de conocimiento. El proceso interactivo es abordado desde la dimensión semiótica y se consideran los diferentes momentos en el desarrollo de los conceptos, los interpretantes, la dinámica de significación y la participación de la tecnología en la construcción de conocimiento.

La noción de campo eléctrico, que es el fenómeno que se trabaja en el campo disciplinar, conlleva un nivel de abstracción importante y complejas representaciones que dificultan su abordaje en el aula de escuela secundaria. Si bien hay muchos estudios sobre la conceptualización de esta noción, son pocos los que estudian los procesos de significación y la mediación tecnológica.

Se recuperan a continuación los principales referentes conceptuales que posibilitan la construcción de los instrumentos de análisis. Estos referentes son la construcción de significados y el diálogo con las simulaciones, y la

problemática asociada al aprendizaje del concepto de campo eléctrico en el nivel medio. Luego se definen los distintos instrumentos que permiten analizar la interacción conceptual con el objeto de colaborar en la comprensión e identificación de los obstáculos y facilitadores que las interacciones con applets puedan aportar a la dinámica de significación.

6.4.1 La construcción de significados y el diálogo con las simulaciones

El conocimiento puede ser considerado como una representación conceptual de los objetos, como una elaboración que se produce en la mente; una actividad intelectual que implica siempre una operación de abstracción (Sabino, 1996).

Admitiendo que nuestras concepciones evolucionan en la medida en que procesamos nueva información, resulta evidente que saber afrontar situaciones problemáticas tiene gran importancia para conocerla e intervenir. Un problema auténtico provoca la evolución de las concepciones preexistentes. La curiosidad, las conductas exploratorias y la indagación de lo desconocido están presentes en la acción humana, conformando una actitud activa (Kaufman, M. y Fumagalli, 1999, pp. 34).

Considerando que el aprendizaje es un proceso constructivo, que se entiende como la elaboración de nuevos conocimientos mediante la interacción de los significados intuitivos, presentes en el sujeto, con la nueva información en la medida que se relaciona con las ideas preexistentes, adquiere un sentido y un significado para el sujeto. Así el saber se construye mediante la reestructuración activa y continua de las concepciones que se tienen (ibid, pp34). Cualquier situación novedosa puede iniciar la activación y la reelaboración de las ideas del individuo dando lugar a la construcción del conocimiento.

En un encuentro con la tecnología, la mediación cultural determinará la percepción social de la posición y naturaleza de la herramienta para el sujeto, la actividad que pueda desarrollar con ella y el valor que se le asigne al encuentro (Salomon, 1993). Como ya se ha desarrollado en el **apartado 2.3.1**,

la escuela como ámbito particular define el significado que se le pueda atribuir a la herramienta.

Recordamos que como sostiene Scolari (2003) la interactividad que se produce entre un sujeto y una herramienta informática no puede pensarse como una acción natural y automática del sujeto sobre un dispositivo preprogramado por un diseñador, sino que antes, durante y después de la acción es posible identificar procesos perceptivos de reconocimiento, intercambios comunicativos a nivel textual entre emisor y receptor, que remiten a experiencias precedentes de interacción, no sólo con artefactos digitales, hipótesis que puedan plantearse en relación con los resultados posibles de la interacción. Se advierte que tanto en etapas iniciales de diseño de la herramienta como durante la interacción con ellas se ponen en juego procesos y competencias semióticas que pueden condicionar o vehiculizar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Recordemos que la actividad de los alumnos frente a la pantalla involucra, además de una gramática textual y gráfica, una gramática interactiva que impone una manera de leer el texto y un modo de interactuar. Las formas que adoptan los contenidos en la pantalla interactiva y los dispositivos que el usuario emplea durante la interacción también contribuyen con la producción de sentido y la construcción de significados.

Los obstáculos generados durante el proceso interactivo en relación con las herramientas definen la dinámica de las mismas (Lion, 2006). A medida que pueden ser superados en colaboración con pares o con el docente, contribuyen a la evolución de la actividad en la medida en que se avanza en la apropiación de la herramienta.

La interacción con la simulación genera una asociación intelectual con ella (Pea, 1993), de la que dependerá el nivel de interpretación que pueden alcanzar los alumnos. Cuando se usa la tecnología como herramienta de pensamiento (Salomon, 1992) se hace evidente su potencial para redefinir y reestructurar de forma fundamental lo que hacemos y cómo lo hacemos.

El significado que se le atribuye a los objetos de la interfaz y a las relaciones de estos con los elementos del modelo que representa el fenómeno simulado determina el grado de conceptualización que permite alcanzar.

La semiótica ofrece elementos teóricos que ayudan a identificar componentes y relaciones para explicar la atribución de significados y la historia de su desarrollo.

Los signos constituyen un sistema de comunicación diferente en un entramado de elementos que tienen su propia función interpretativa. Permiten estudiar la interpretación del fenómeno en un momento determinado. Se considera que el fenómeno se percibe a partir de hacerse perceptible e identifiable, cuando es enunciado por medio de elementos semióticos disponibles en la comunidad. De esta manera se aproxima al referente que designa al fenómeno construido desde un enunciado. Se trata de la existencia de cualidades y conveniencias del significado de una determinada entidad, idea o comportamiento que es propuesta en el discurso y y del modo en el que son aceptadas por los actores sociales (alumnos, docentes y diseñadores).

6.4.2 Conceptualización de campo eléctrico con simulaciones

La historia de la Física muestra cómo en la evolución de la explicación de la interacción entre dos cuerpos surge el concepto de campo. A principios del siglo XVII Descartes formuló la hipótesis que la materia llenaba todo el espacio y transmitía la interacción entre los cuerpos. Había cierta resistencia a considerar que las fuerzas actúen a distancia y de manera instantánea, lo que se consideró como el “horror al vacío”. Posteriormente, Newton propone la teoría gravitacional como una teoría de acción a distancia, que le permitía describir la interacción gravitatoria y explicar el movimiento de los cuerpos celestes sin intervención alguna del espacio intermedio.

Esta mención de acción a distancia también fue utilizada en los fenómenos eléctricos y magnéticos descubiertos por Coulomb, Ampere y Oersted. Faraday introduce el concepto de líneas de fuerza para explicar las fuerzas ejercidas por la corriente que circula en un conductor sobre un cuerpo magnetizado en las proximidades del mismo. Estas ideas le permitieron interpretar que los

fenómenos eléctricos y magnéticos son causados por la interacción de los cuerpos con los campos (eléctricos o magnéticos). Desaparece la acción a distancia y todos los efectos son mediados por los respectivos campos. Luego Maxwell generaliza esto y lo toma como punto de partida para introducir el concepto de campo electromagnético (de la Peña, 1998). Postula que una carga eléctrica está rodeada por un campo eléctrico que se extiende hasta el infinito. Ese campo es una magnitud vectorial definida en cada punto del espacio y tiempo. Maxwell considera las ideas de espacio y tiempo de la mecánica clásica, que describe la interacción entre partículas materiales mediante el concepto de fuerza que depende de las posiciones de las partículas que interactúan en un instante de tiempo y supone una propagación instantánea de las mismas. No se habla de la acción de una partícula sobre otra, sino del campo que una partícula cargada crea en torno a ella, y que ejerce una fuerza sobre las partículas que se encuentran en el espacio circundante. Los estudios que abordan la problemática de la conceptualización de la noción de campo advierten que la evolución antes mencionada no siempre es considerada en la construcción escolar del concepto.

En una revisión bibliográfica de investigaciones educativas sobre enseñanza-aprendizaje del concepto de campo, Llancaqueo, Caballero y Moreira (2003) encuentran que la mayoría de los trabajos utilizan como referente las concepciones alternativas o propuestas de enseñanza basadas en investigación dirigida. En relación con las estrategias de enseñanza, se estudian propuestas orientadas a superar dificultades de aprendizaje evidenciadas en investigaciones anteriores (Furió y Guisasola, 2001).

Las dificultades de aprendizaje y comprensión del concepto de campo se relacionan con: las concepciones alternativas de mecánica, los estudiantes repiten de manera análoga los problemas epistemológicos (Furió y Guisasola, 1998) y tratamientos didácticos deficientes y confusos (Martín y Solbes, 2001). Se destacan las dificultades de los estudiantes para aceptar la existencia de un campo eléctrico en un medio donde las cargas están inmóviles (Viennot y Rainson, 1999). Se ha encontrado que los estudiantes no diferencian entre fuerza y campo y que la introducción del concepto de campo desde su definición operacional afecta su comprensión (Solbes y Martín, 1991; Velazco y

Salinas, 2001). Viennot y Rainson (1992) han observado un razonamiento causal lineal en las explicaciones de los estudiantes que le dan a la carga un tipo de causalidad exclusiva que no posibilita la consideración del principio de superposición del campo eléctrico. No se le da significado físico al campo eléctrico independiente de la carga y se identifica al vector intensidad con la fuerza existente entre cargas (Guisasola, 1996). Llancaqueo, Caballero y Moreira (2003) han concluido que los estudiantes mejoran su comprensión cuando se destacan los aspectos causales en la conceptualización del campo.

Los estudiantes consideran al campo una región del espacio que delimita la influencia de una masa, carga o imán. Describen en términos de fuerza la interacción entre partículas. En las argumentaciones subyace la visión newtoniana de la interacción, en la que ésta se efectúa entre las partículas y no entre el campo y la partícula; es decir se confunde el campo con sus efectos (Martín y Solbes, 2001). Galili (1995, en Martín y Solbes, 2001), en un estudio sobre las trayectorias de las partículas en movimiento y las líneas de campo, encuentran que la mayoría de los estudiantes considera que las partículas siguen la trayectoria de las líneas de campo (relación fuerza-movimiento) y no en la línea recta que las une. Además encuentran errores en la aplicación de la ley de acción y reacción, que los llevan a considerar que a mayor carga mayor fuerza (*Ibid*).

Los principales problemas de enseñanza se relacionan con el nivel de abstracción de los conceptos, que dificultan una introducción cualitativa de la noción de campo y relacionarla con experiencias cotidianas. Martín y Solbes (2001) encuentran que entre las falencias más comunes de las propuestas de enseñanza se pueden mencionar que no consideran las distintas formas de describir la interacción entre partículas (fuerzas, campos, energía), ni clarifican los conceptos para facilitar procesos que permitan establecer relaciones, diferencias y ámbitos de aplicación. La noción de campo se presenta como procedimiento heurístico para calcular la fuerza de interacción. Se suelen presentar situaciones que corresponden a casos estáticos en los que se mezcla la teoría newtoniana con la de campo. Por un lado se interpreta mediante fuerzas a distancia e instantáneas las interacciones entre cargas, y por otro se consideran las interacciones locales con el campo existente en el

punto donde se coloca la carga. Wainmaier, Speltini y Salinas (2011) proponen un abordaje planificado, gradual y paulatino de la temática desde el inicio de la educación formal en Cs. Naturales y extenderlo a lo largo de la educación obligatoria y en los procesos de formación de profesores de Física.

Las investigaciones que estudian cómo las simulaciones pueden contribuir con la conceptualización de la noción de campo (Castilho y Ricci, 2006; Andrade y Cabral da Costa, 2006; Araujo, Veit y Moreira, 2004) destacan que posibilitan establecer relaciones dinámicas entre conceptos abstractos, auxilian la evolución conceptual de los estudiantes y promueven interacciones cognitivas y sociales durante el proceso de construcción. En electrostática, colaboran en la comprensión de la representación vectorial del campo, permiten asociar el tamaño de la flecha con la intensidad de la fuerza y promueven la incorporación de la *representación vectorial* en las explicaciones de los estudiantes sobre los fenómenos eléctricos. Entre las dificultades que presentan las simulaciones mencionan que instan a que se confunda el vector fuerza con vector velocidad, en general, se representa al campo eléctrico como originado por una carga fija y que al colocar otra carga próxima, sólo se mueve una de ellas. Manifiestan que sería necesario reformular las simulaciones en el sentido que puedan colaborar con la evolución de la noción de campo (Weiss y Andrade Neto, 2006; Ríos, Veit y Araujo, 2011).

En esta parte de la investigación se focaliza en la construcción compartida de significados que realizan los alumnos que trabajan en grupo en una computadora. Se analizan en los diálogos registrados (dialógico y de actuación) entre pares de estudiantes interactuando con el modelo simulado los argumentos acerca de la relación entre las nociones carga y campo, a los efectos de identificar niveles de aproximación a la noción de campo. Se busca determinar también el tipo de influencia de la tecnología en estos procesos.

6.4.3 Momentos de interacción con el contenido

El proceso de significación que los estudiantes desarrollan durante instancias interactivas en el aula es continuo y a veces bastante desorganizado (Sabino, 1996). Sin embargo es posible distinguir algunos “momentos” donde se

observan las secuencias de acciones que van desarrollando. A partir de la lectura de todos los casos se identificaron momentos que dan cuenta de la dinámica de significación: *Exploración*, *Descripción*, *Prueba* y *Síntesis explicativa*.

Exploración: predomina la exploración y el reconocimiento del funcionamiento de la simulación, no se advierte aún una descripción sistemática del fenómeno.

Descripción: explicitan una percepción inicial. Esta etapa considera aquellos tramos del discurso en los que detallan ciertas características de lo observado. El compromiso por comprender el fenómeno es escaso. Sólo se habla de lo que la simulación ofrece a un nivel icónico.

Prueba: el análisis se efectúa cotejando los datos que se refieren a una variable y contrastando la respuesta de la simulación con los conocimientos apropiados en las clases previas. Se corroboran hipótesis o se hacen conjeturas sobre lo que va a ocurrir.

Síntesis explicativa: se buscan causas o regularidades para explicar los hechos simulados, relacionarlos con leyes de comportamiento general y explicitarlos. Ocurre primero un trabajo de análisis e interpretación de lo que se observa (a un nivel perceptivo) de las respuestas de la simulación a las órdenes ingresadas por teclado o mouse y luego, la comprensión del fenómeno simulado en el marco de la teoría física estudiada. Se evidencian dos niveles de síntesis, que se corresponden con argumentos retóricos y oposicionales⁵¹ (Bitonte, 2005).

Interpretación (explicación de primer nivel) se corresponde con enunciados que describen lo que ocurre sin hacer referencia a las posibles causas.

Argumentación (explicación de segundo nivel), la explicación se basa en un razonamiento causal. El argumento sirve para probar o demostrar una proposición, o para convencer de aquello que se afirma o se niega.

⁵¹ Una argumentación retórica es aquella en la que el hablante presenta un monólogo intacto como soporte de su postura. Pero establece esta postura como potencialmente disputable. En la argumentación oposicional, en cambio, uno o más hablantes sostienen abiertamente sus posiciones en pugna.

6.4.4 Interpretantes

A los efectos de identificar niveles de aproximación a la noción de campo se analizan los *argumentos* acerca de la relación entre las nociones de carga y campo en los diálogos registrados. La semiótica de Peirce aplicada al análisis de las situaciones de aula en las que interviene la tecnología permite dar una explicación de las componentes y relaciones que participan del proceso de atribución de significado al fenómeno que se estudia. Siguiendo esta teoría se analiza la *interpretación* que se hace del fenómeno, en un momento determinado, cuando éste es percibido e identificado a partir de su enunciación. Se trata de cualidades y conveniencias del significado de una determinada entidad, idea o comportamiento que se proponen en el discurso en forma de interpretantes y cómo son aceptadas por los distintos actores. Los interpretantes se constituyen en ejemplos concretos del conocimiento distribuido que comparten quienes participan del grupo de discusión, un conocimiento que es de todos pero no puede ser considerado exclusivo de un sujeto.

Para conocer el proceso de significación y su evolución durante la actividad se definieron los siguientes interrogantes: 1) ¿Cuáles son los interpretantes que utilizan para referirse a las cualidades de las cargas?; 2) ¿Cuáles son los interpretantes que utilizan para referirse a las cualidades del campo?; 3) ¿Qué expresiones utilizan para mencionar el comportamiento de las cargas en interacción?; y 4) ¿Cuáles son las interpretaciones que hacen de la interacción entre cargas?

A modo de ejemplo: Interpretantes en el Caso 5

Tomando en consideración las preguntas de investigación antes presentadas se muestran a continuación algunos interpretantes construidos por los sujetos a la luz de los encuadres teóricos descriptos.

1) Se refieren a las cualidades de las cargas.

Las cualidades utilizadas para referirse a las cargas se relacionan con: la función que cada una de las cargas cumple en el modelo (*de prueba, generadora, del campo, gravitatoria*), sus propiedades intrínsecas (*positiva, negativa, positividad, negatividad*), y sus propiedades extrínsecas o icónicas (*pelotita, chiquita, grande, verde, azul*).

2) Se refieren a las cualidades del campo

Se refieren al campo como “*campo gravitatorio, campo eléctrico*”. También hablan del potencial del campo eléctrico en relación a su intensidad. Se refieren a los vectores que representan al campo metafóricamente y hablan de “*conjunto de hormiguitas*”. También resaltan sus características espaciales, dicen “*la carga se sale del campo*”. Ven al campo como un espacio acotado de representación, finito, como una región del espacio que delimita la influencia de una carga.

3) Se refieren al comportamiento de las cargas.

Utilizan las cualidades de las cargas para argumentar acerca del comportamiento. Por ejemplo, se refieren a ellas de la siguiente manera:

“ésta, la carga de prueba o la carga generadora”, “la carga del campo”, se puede interpretar como un tipo de causalidad exclusiva, que los lleva a negar el principio de superposición de campo eléctrico;

“cargas que se atraen, cargas que se repelen”, según su comportamiento;

“según los parámetros de la carga generadora”, se hace referencia a la magnitud o intensidad de la carga;

“el comportamiento depende del valor de las cargas”, “dependiendo de la distancia entre una y otra”, “dependiendo del valor y del signo varía su atracción o repelencia”, se relaciona su comportamiento con las cualidades de las cargas;

“la carga de prueba no puede ser negativa”, se le imprime un significado escolar de la carga de prueba en relación con los conocimientos previos;

“fuerza con que lo hacen”, “magnitud con que lo hacen”, se relaciona el comportamiento de las cargas con la fuerza que ejerce cada una de ellas sobre la otra, no se considera la existencia del campo;

“cuanto más carga se le da más se atraen o se repelen”, “le tira los positivos a esta”, se considera la acción a distancia.

4) Interpretaciones acerca de la interacción entre cargas

Relacionan las cualidades de ambas cargas para hablar de la interacción. Se evidencia la interacción como acción a distancia. La carga de prueba, al ser pequeña, no puede reaccionar contra la otra. Otros interpretantes informan acerca del signo y relacionan el comportamiento de las cargas con el espacio en donde la interacción ocurre, en este caso el campo puede hacer referencia al producto de las dos cargas, al de cada una o a algo externo, en ningún caso se los considera como una propiedad del espacio y el tiempo. Finalmente se relaciona la interacción entre cargas con el comportamiento de los vectores que representan al campo, esto podría ser un indicio que refieren al campo como algo externo. También hacen referencia a algunos elementos de la simulación que pueden transformarse en obstáculos en la construcción del conocimiento, como por ejemplo los bordes o “paredes” en las que las cargas rebotan.

6.4.5 La simulación en la construcción de Interpretantes

Para conocer cuál ha sido la participación de la simulación en la construcción de interpretantes durante la actividad se realiza un recorrido por el texto construido en el proceso de interacción para cada caso. El análisis que aquí se hace posibilita conocer información sobre el objeto de conocimiento y las relaciones conceptuales establecidas. La cadena de significación permite reconstruir la historia de los conceptos (Badreddine y Buty, 2011) en relación a sus interpretantes.

Se identificaron momentos de interacción en los que se argumenta en relación a la noción de campo y de qué manera las herramientas forman parte de la dinámica de construcción. Particularmente se focaliza en los momentos de la actividad donde se evidencia la interacción con el contenido. Se buscaron indicios sobre:

- *interacción entre cargas*
- *reconocimiento del campo como propiedad del espacio*

- *reconocimiento del principio de superposición*

Se presenta a continuación el análisis realizado sobre un caso que se toma como ejemplo para luego mostrar cómo se desarrolla la construcción en todos los casos.

A modo de ejemplo. La construcción de interpretantes para el Caso 5

En el nivel inicial del proceso se realiza un recorrido por la simulación (*momento de Exploración*), en el que se elaboran enunciados básicos para describir lo que la simulación muestra en función del fenómeno estudiado. La interacción digital (secuencias de acciones en pantalla) forma parte de los enunciados y es utilizada como *Prueba* para construir las afirmaciones.

Luego, se avanza hacia momentos que pueden considerarse de *Síntesis Explicativas* en los que se elaboran los primeros juicios que ofrecen indicios sobre la conceptualización. Se considera la acción directa de una carga sobre otra y el campo es sólo el espacio donde esto ocurre.

Avanzada la actividad, los diálogos comienzan a evidenciar argumentaciones sobre la representación del campo y se buscan explicaciones para su comportamiento (*Interpretación*). Se desarrollan nuevamente etapas de *Prueba* en las que la interacción digital permite la elaboración de juicios sobre campo. Se asocian los vectores de intensidad y sus direcciones con las fuerzas eléctricas de las cargas. Se evidencia falta de comprensión sobre la orientación de los vectores al desplazar las cargas por el espacio de representación. Esto puede asociarse a la creencia errónea que el desplazamiento sería en esa dirección y no en la línea recta que une las cargas.

En una etapa posterior, se comienzan a elaborar juicios sobre las posibilidades que ofrece la simulación. En esta instancia la interacción digital es utilizada para corroborar los efectos en la representación al variar los parámetros (*Momento de Prueba*). Se comprueba que al modificar las cargas en igual magnitud, la representación es la misma. Se considera la posibilidad de visualizar cambios más allá del espacio de representación. El espacio de representación limitado (no infinito) es considerado por los estudiantes como un

obstáculo, que por ejemplo, no permite visualizar cómo dos cargas iguales se repelen hacia el infinito.

Luego, aparecen juicios que comparan el modelo utilizado en la representación en relación al modelo trabajado en clases previas. Se habla de interacción como fuerzas entre cargas. Confunde los vectores que representan al campo en cada punto del espacio con la representación de la fuerza que ejercen las cargas, dicen que a mayor distancia es menos intensa. La simulación representa al campo confinado a un espacio rectangular, sobre cuyas paredes las partículas cargadas pueden chocar elásticamente. Interpretan las paredes en las que las cargas rebotan como una limitación para analizar qué ocurre si se desplazan las cargas fuera de ese espacio. Se puede inferir que esta funcionalidad de la simulación obstaculiza la comprensión del fenómeno simulado.

A partir de esta información podemos interpretar que este par de estudiantes considera la interacción como acción a distancia, y que no muestran indicios de reconocimiento del principio de superposición, tampoco muestran en sus acciones indicios de que consideren al campo como propiedad del espacio.

La simulación ocupa un lugar fundamental en la construcción de los argumentos antes presentados elaborados mayoritariamente en base a lo que ésta presenta y a los referentes conceptuales trabajados en clase. La mayoría de las construcciones comprometen la interacción digital con el objeto de probar hipótesis o refutarlas. En los casos en que el resultado no es el esperado recurren al argumento de la existencia de limitaciones tecnológicas, lo que evidencia los conocimientos previos que poseen los estudiantes acerca del fenómeno y cómo éstos le permiten anticipar los resultados.

Un seguimiento a la historia de los argumentos muestra cómo inicialmente predominan momentos de Prueba e Interpretaciones en los que la interacción con la simulación posibilita la construcción de los argumentos. Luego, en etapas intermedias, las argumentaciones focalizan en el fenómeno simulado y la simulación es utilizada para corroborar las afirmaciones. Finalmente, en etapas más avanzadas, aparecen juicios que buscan relacionar el fenómeno en estudio con las posibilidades que la simulación ofrece. Esto demuestra una

evolución en la significación en la que la herramienta es asimilada. Es decir se transforma en un instrumento para los estudiantes, al que finalmente le exigen cambios que se evidencian cuando mencionan los obstáculos que la herramienta presenta.

A modo de ejemplo. La construcción de interpretantes para el Caso 8

Al comenzar el proceso realizan un recorrido por las simulaciones (momento de Exploración) durante el cual reconocen el modelo que la simulación ofrece. Hablan de una carga que genera el campo y de otro punto que reconocen como carga de prueba. La ayuda del docente facilita la comprensión de la funcionalidad de la herramienta. Los interpretantes en este período hacen referencia a los conceptos de carga, carga de prueba y campo. Se enuncian las primeras síntesis explicativas de tipo interpretativas que dan cuenta de la interacción entre las cargas (*“cuando está más negativo se atraen más las cargas”*). También mencionan las diferentes unidades de medida que intentan reconocer en la situación (*joules, newton, coulomb*). Estas unidades se utilizan en la construcción de algunos interpretantes para dar cuenta de las relaciones que se establecen (*“la ley de Coulomb se usaba para medir la fuerza entre dos puntos”*).

Una vez superada la etapa de apropiación de la herramienta, elaboran nuevos interpretantes en relación a la simulación (*“hay una carga que genera campo y una carga de prueba, la simulación representa el campo eléctrico”*). Parecería que reconocen el concepto de campo como una propiedad del espacio que es representada en la simulación.

Posteriores etapas de Prueba colaboran en la elaboración de nuevos interpretantes que utilizan las propiedades de las cargas para explicar la interacción (*“cuando tienen el mismo signo se alejan más y hacen movimientos más grandes”*, *“cuando una es más chica se mueve una sola pero cuando son iguales se mueven las dos”*).

En los próximos momentos, de síntesis explicativas, elaboran nuevos interpretantes que hacen referencia a los vectores que representan al campo; y

se habla de sentido (“cuando van para afuera es saliente”, “cuando una es negativa los vectores van todos para el mismo lado”).

Una nueva instancia de Prueba conduce a la elaboración de nuevas Interpretaciones que relacionan la dirección en la que se desplazan las cargas con la intensidad (“se mueven para el lado cercano, se atraen”, “está yendo para adelante, como una es negativa y otra es positiva, y como la positiva tiene mucho más fuerza va a ir mucho más rápido”).

El planteo de posibles limitaciones de la simulación pone de manifiesto la necesidad de ver que los vectores cubran todo el espacio de representación, aunque luego reconocen que el campo puede ser más débil en algunos sectores y no verse en la representación (“no van dibujadas bien finitamente hasta allá”, “pero en realidad el campo va disminuyendo”).

Finalmente se elaboran algunos interpretantes que se refieren al campo (“se ve cómo funciona el campo cuando una es negativa y la otra es positiva”, “Una manera de ver cómo funciona el campo de una manera más visual, debido a los movimientos de este”, “se pudo ver los movimientos de las cargas cuando se cambian los valores, es decir cuando se atraen o repelen”).

Este grupo no encuentra obstáculos importantes relacionados con la funcionalidad de la herramienta que entorpezcan la conceptualización. La simulación es utilizada para corroborar ideas sobre el comportamiento de las cargas en el campo.

Puede decirse que alcanzan un nivel de conceptualización más elevado que otros grupos en relación a la noción de campo ya que no se identifican evidencias que consideren la acción a distancia, en ningún caso se habla de la acción directa de una carga sobre otra. Aunque sean escasos los momentos en los que se hace referencia explícita al campo podría decirse que reconocen al campo como generado por las cargas e interpretan el comportamiento de éstas por estar inmersas en él.

La construcción de interpretantes en todos los casos

Se presentan a continuación los interpretantes generados por cada uno de los casos en relación con los tres conceptos antes mencionados (interacción entre cargas, reconocimiento del campo como propiedad del espacio, reconocimiento del principio de superposición). También se identifican los obstáculos o facilitadores que la simulación ha generado en la conceptualización. De acuerdo al nivel de interpretantes generados se han identificado 5 grupos en los se puede ubicar a cada uno de los casos estudiados. Los grupos son: **Grupo 1** (Caso 7 y 2), **Grupo 2** (Caso 6 y 1), **Grupo 3** (Caso 3 y 4), **Grupo 4** (Caso 5) y **Grupo 5** (Caso 8).

Grupo 1

- *Interacción entre cargas*

Caso 7: para referirse al comportamiento de las cargas consideran la distancia a la que éstas se sitúan (*“la velocidad en la que se desplazan depende de la distancia”*) y hablan de la masa de cada una (*“al tener más masa como que empuja a este”*).

Caso 2: hacen referencia a la acción directa de una carga sobre la otra (*“al tocarse se pasan la energía”*, *“cuanto más interacción más oscuras están”*). También relacionan dirección y velocidad en la que se desplazan con el valor asignado a la carga.

- *Campo como propiedad del espacio*

Caso 7: relacionan densidad de los vectores con la energía, el signo y la posición de las cargas (*“la energía aumenta cuando se juntan las cargas”*).

Caso 2: interpretan que los vectores describen las líneas de campo en cada punto (*“como que tienen que ir abarcando todo el campo, vienen así pero como es atraída por la negativa viene para acá”*).

- *Principio de superposición*

Caso 7: al comienzo del proceso consideran al campo asociado a cada carga, visualizan dos campos diferentes (*“rebota por la fuerza que le hace este*

campo a este cuerpo"). Sobre el final, hacen referencia a la existencia de un solo campo ("se unen los vectores del campo").

Caso 2: relacionan el campo con cada carga aunque se habla de su interacción ("representa cómo interactúan los campos de una carga inicial y una de prueba").

- *Simulación*

Caso 7: la manipulación de las cargas les permite realizar conjeturas sobre la posición de las cargas, es decir su distancia. El rebote de las cargas y la posibilidad de igualar su valor posibilita la construcción de interpretantes sobre su comportamiento ("la de prueba se desplaza más porque es más pequeña", se refieren al diámetro).

Caso 2: La manipulación de las cargas colabora en la construcción de interpretantes sobre la trayectoria de los vectores que representan al campo. Reconocen como obstáculo la limitación en los valores que pueden asignarse a las cargas y la distancia predeterminada en la que éstas pueden situarse.

Comentarios Casos 7 y 2

Ambos grupo parecen ubicarse en un nivel de conceptualización intermedio entre uno u otro paradigma. La noción de campo parece ser más débil en el Caso 7 que en el Caso 2. El primero de estos ofrece, en los comienzos del proceso, algunas evidencias de situarse en el paradigma de la interacción entre cargas aunque más tarde aparece la idea de campo pero generado por una única carga y es evidente en este caso el esfuerzo por explicar la unicidad del campo. En cambio, para el Caso 2, la noción de campo se hace evidente desde el principio aunque también se lo considera como asociado con una u otra carga. En los dos casos existen evidencias que pueden asociarse al reconocimiento del principio de superposición.

Grupo 2

- *Interacción entre cargas*

En ninguno de los dos casos se construyen interpretantes que den cuenta que se considera la interacción directa entre cargas.

- *Campo como propiedad del espacio*

Caso 6: Se refieren a las líneas del campo y al campo (“*cambian las líneas, se atraen ves*”, “*se mueven las cargas en un campo*”, “*aparecen las líneas de campo*”, “*te queda más la idea de campo viendo como realmente se mueven*”).

Caso 1: se refieren a la intensidad del campo cuando se desplazan las cargas en cada punto (“*viste como se va perdiendo la fuerza*”, “*claro perdés intensidad*”). Hacen referencia a la causalidad del campo (“*las dos generan campo*”, “*no la carga de prueba no genera campo, es otra carga generadora de campo*”, “*cómo reacciona una carga al estar otra pero no la de prueba*”). Se refieren a la variabilidad del campo y se asocia su variación al valor y posición que pueda asignarse a las cargas (“*un campo generado por una carga generadora cuyo valor es modifiable en interacción con la carga de prueba cuyo valor también es modifiable...*”, “*al modificarse la distancia se modifica la interacción*”, “*cómo reacciona una carga al estar otra...*”).

- *Principio de superposición*

Caso 6: asocian la cantidad de líneas de campo al valor que asignan a las cargas (“*aparecen más o menos líneas según el valor que le ponés a la carga y a la carga de prueba*”).

Caso 1: reconocen la unicidad del campo en cada punto (“..., *el resultado que se genera es el campo*”)

- *Simulación*

Caso 6: cuestionan a la simulación la imposibilidad de observar que las cargas se junten.

Caso 1: reconocen como un error el modelo presentado en la simulación que considera a la carga de prueba como una carga que puede generar campo. Se genera una contradicción con el modelo trabajado en clase, en el que la carga de prueba no influye sobre la otra, sino que al ser muy pequeña sólo sirve para reconocer el campo en el punto donde es colocada (“*no es cierto que es de prueba*”, “*la carga de prueba es para detectar campo*”, “*la carga de prueba debería tener un límite de valor*”).

Comentarios Caso 6 y 1

El análisis del proceso de conceptualización para ambos casos evidencia un nivel de profundización escaso en relación con el fenómeno y con las posibilidades que ofrece la simulación. Argumentan inclinándose hacia una conceptualización de la noción de campo como propiedad del espacio. En ambos casos no se evidencian mayores dificultades con la simulación. El mayor obstáculo que se encuentra es el que se refiere a la inclusión en el modelo de una carga llamada “de prueba” y que no se comporta como tal.

Grupo 3

- *Interacción entre cargas*

Caso 3: relacionan el signo de las cargas con su comportamiento y con las flechas que “las acompañan” (vectores) (“cuando son las dos positivas las dos se repelen”, “se empieza a ir”, “mirá se le van agregando flechas”, “otras van desapareciendo”). Relacionan tamaño con fuerza (“se mueve rápido porque es chiquita”, “salió disparada hacia arriba”, “tiene más aceleración la carga más chica”, “la carga más chica se mueve más rápido que la carga más grande”).

Caso 4: No hacen referencia explícita a la interacción entre cargas. Hablan de las flechas que las rodean y de su comportamiento (“se van abriendo las dos son positivas”, “se van para los costados, se repelen”).

- *Campo como propiedad del espacio y el tiempo*

Caso 3: no reconocen al campo como propiedad del espacio y no comprenden su representación. En algunos interpretantes los vectores estarían representando al campo y en otras sólo están asociados a una única carga.

Caso 4: relacionan las flechas que rodean a las cargas con el valor asignado a estas (“las flechas indican la intensidad de la carga”, “representan la dirección, la intensidad y el sentido, menos carga menos intensidad”). No hacen referencia al campo.

- *Principio de superposición*

En ninguno de los dos casos se llegan a elaborar interpretantes que den cuenta de este principio.

- *Simulación*

La interacción con la simulación es escasa en ambos casos.

Comentarios Casos 3 y 4

La construcción de interpretantes en estos casos es de tipo descriptiva y en contadas ocasiones se alcanza un nivel interpretativo básico. Se limitan a comentar lo que la simulación presenta. No se elaboran juicios sobre el campo y tampoco se reconoce que se considere el principio de superposición. Tampoco se ofrecen indicios sobre el modelo de acción a distancia.

Grupo 4 (Caso 5)

- *Interacción entre cargas*

Consideran la acción directa de una carga sobre otra. Hablan de interacción como fuerza entre cargas (“*fuerza con que lo hacen*”, “*magnitud con que lo hacen*”, “*cuando más carga se le da más se atraen o se repelen*”, “*le tira los positivos a esta*”). Utilizan las cualidades para hablar de su comportamiento (“*la carga de prueba al ser más pequeña no puede reaccionar contra la otra*”). Confunden el vector que representa al campo con la fuerza entre cargas.

- *Campo como propiedad del espacio y el tiempo*

Consideran al campo como un espacio en donde ocurre la interacción (“*la carga se sale del campo*”). Ven al campo como un espacio acotado de representación, finito, como una región que delimita la influencia de una carga. Relacionan el signo de las cargas con su comportamiento en esa región.

- *Principio de superposición*

Asignan una causalidad exclusiva al campo, se refieren a la carga generadora como “*la carga del campo*”.

- *Simulación*

Define a las paredes en las que rebotan las cargas como una limitación. Manifiestan que no pueden visualizar lo que ocurre si las cargas se desplazan fuera de este espacio.

Comentarios Caso 5

La noción de interacción entre cargas es predominante en este caso. No existen indicios que se refieran al campo como el producto de las dos cargas, el de cada una o algo externo. No se reconoce el principio de superposición. La limitación en el espacio de representación del campo y el rebote en las paredes se identifican como obstáculos para la conceptualización y colaboran con la idea de campo confinado a un espacio.

Grupo 5 (Caso 8)

- *Interacción entre cargas*

No se encuentran evidencias explícitas que den cuenta que se considera este principio. Sólo en una ocasión, en la que se busca relacionar la dirección en que las cargas se desplazan con la velocidad en que lo hacen, se observan algunos interpretantes que podrían asociarse a este principio. (*“se mueven para el lado cercano, se atraen”, “está yendo para adelante, como una es negativa y otra es positiva, y como la positiva tiene mucho más fuerza va a ir mucho más rápido”*).

- *Campo como propiedad del espacio y el tiempo*

Reconocen al campo como propiedad del espacio representada por la simulación (*“hay una carga que genera campo y una carga de prueba, la simulación representa el campo eléctrico”*). Utilizan las propiedades que determinan el campo para describir el movimiento conjunto de las cargas (*“cuando tienen el mismo signo se alejan más y hacen movimientos más grandes”, “cuando una es más chica se mueve una sola pero cuando son iguales se mueven las dos”*). Hablan del sentido de los vectores que representan al campo (*“cuando van para afuera es saliente”, “cuando una es negativa los vectores van todos para el mismo lado”*) y de la representación que ofrece la simulación (*“se ve cómo funciona el campo cuando las cargas son de diferente signo”, “se ve al campo de una manera más visual”, “se ven los movimientos del campo, cuando se cambian los valores de las cargas, es decir cuando se atraen o repelen”*).

- *Principio de superposición*

Sólo en una ocasión hablan del valor único del campo (“*cuando está más negativo se atraen más las cargas*”) aunque podría asociarse con el campo sólo de la carga generadora.

- *Simulación*

Utilizan la simulación para elaborar los interpretantes que dan cuenta del comportamiento de la cargas en el campo que éstas generan. No evidencian obstáculos en la conceptualización asociados a la herramienta y tampoco se los encuentra de manera explícita.

Comentarios Caso 8

Los comentarios sobre los interpretantes construidos en este caso fueron presentados con anterioridad, cuando se lo describió en detalle a modo de ejemplo.

6.4.6 Las simulaciones como andamios en la conceptualización

Como ya se ha mencionado las simulaciones computacionales adquieren significado como herramientas cognitivas y pueden servir de andamio en la enseñanza de la Física a partir de sus potencialidades para recrear de forma interactiva los modelos conceptuales.

La simulación ocupa un lugar fundamental en la construcción de los argumentos que son elaborados en base a lo que la simulación presenta y a los referentes conceptuales trabajados en el aula. La mayoría de las construcciones comprometen a la interacción digital con el objeto de probar ciertas conjeturas o de refutarlas. En muchos casos, cuando el resultado no es el esperado, se recurre a la posibilidad que existan ciertas limitaciones tecnológicas, que se evidencian de acuerdo a los conocimientos previos que poseen los estudiantes sobre el fenómeno simulado.

Como se ha mencionado anteriormente, en algunos casos la historia de los argumentos muestra una secuencia de tres etapas en las que la simulación va adquiriendo progresivamente el carácter de instrumento. En el transcurso de

estas etapas, la simulación pasa de ser utilizada como soporte para argumentar a ser el medio que favorece la construcción colaborativa de conocimiento, hasta ser considerada un artefacto perfectible.

El recorrido antes planteado no se da en este orden en todos los casos y en muchos de ellos estas etapas se desarrollan parcialmente. Por ejemplo, no todos los grupos alcanzan un dominio instrumental de la simulación. En estos casos la herramienta sólo acompaña las construcciones. En otros casos (Caso 3 y 4) el nivel medio es alcanzado en su forma más básica es decir sólo se limitan a elaborar argumentos pero no se ponen en juego ciertas premisas para ser evaluadas con la simulación.

Esta secuencia se presenta claramente en aquellos casos en los que los alumnos demuestran un nivel superior de abstracción que les permite indagar sobre el fenómeno que se está estudiando y apropiarse de la simulación como su instrumento. En otros casos, en los que los niveles de significación se encuentran más asociados a lo perceptivo la simulación cumple un rol de soporte en las construcciones. En estos casos los interpretantes se encuentran muy asociados al carácter presentativo de los objetos que conforman la simulación (los vectores son sólo flechas que representan algo que no se alcanza a comprender, las cargas son partículas animadas). La simulación es considerada como irrefutable, no surgen cuestionamientos sobre su eficiencia o efectividad.

De la lectura de todas las construcciones puede inferirse que existe una tensión constante entre lo que los alumnos esperan de la simulación, en base a sus conocimientos previos sobre el fenómeno y sobre lo interactivo, con lo que verdaderamente ocurre y cómo se negocian significados a partir de esto.

Del análisis y el recorrido realizado por la construcción de interpretantes en todos los casos se identificaron los siguientes obstáculos relacionados con la simulación:

- El modelo que la simulación ofrece no responde totalmente al trabajado en clases previas.
- El modelo de dos cargas parecería no colaborar en la conceptualización del campo. Al tener dos cargas los estudiantes ven la necesidad de

considerar ambas en sus argumentos y esto obstaculiza el abandono de la noción de acción a distancia.

- La representación del campo confinado a “una caja” en la simulación es visto como un obstáculo. Se advierte como necesario la posibilidad de ampliar dinámicamente el espacio de representación (zoom in/out) de manera que se pueda ver qué ocurre en otros sectores (desplazamientos), o de considerar la posibilidad que la carga quede fuera del espacio representado evitando el rebote con las paredes.
- No se comprende la representación vectorial del campo. Los vectores se confunden con fuerzas que se dirigen hacia las cargas.
- A los fines de introducir la noción de campo en reemplazo de la acción a distancia es relevante la variable tiempo. Sin embargo, no se hace evidente que pueda percibirse el tiempo que transcurre en la interacción con el campo. Esta es una falencia de la representación del tiempo en la simulación.

Finalmente, se destacan las posibilidades que las simulaciones ofrecen para la construcción de conocimiento en clases de ciencia y las evidencias encontradas en éste análisis.

- Las simulaciones fomentan el desarrollo de conflictos cognitivos. Es más que evidente la potencialidad de estas situaciones para estimular las discusiones verbales y confrontar las ideas intuitivas con las formales que ofrece el sistema simulado.
- Las posibilidades de observación y manipulación que brindan estas herramientas colaboran en la construcción de interpretates durante todo el desarrollo de la actividad.
- La funcionalidad exploratoria y la representación visual dinámica y restringida de los fenómenos es considerada por los estudiantes como potenciales para el aprendizaje.
- La respuesta inmediata a los cambios es fundamental en la validación de hipótesis y colabora en la negociación de significados.
- Promueven la construcción de nuevo conocimiento. Las acciones no preestablecidas, que van más allá de la exploración de los objetos y las relaciones proporcionadas, generan nuevas situaciones que permiten la

creación de elementos complejos a partir de los originales que potencian la negociación.

Para cerrar, es importante destacar que se han obtenido resultados que permiten afirmar que las simulaciones pueden convertirse en instrumentos para la conceptualización de un fenómeno para los estudiantes en la medida que conozcan las limitaciones que pueden tener como herramientas de representación y hayan tenido un acercamiento previo a los conceptos allí involucrados.

Entendemos que es posible establecer relaciones entre el tipo de elaboración colaborativa desarrollada por cada grupo de estudiantes, el nivel de significación alcanzado en relación con el contenido escolar y la dimensión digital.

CAPÍTULO 7

Discusiones y conclusiones

En los capítulos anteriores se han presentan en detalle los resultados obtenidos en los dos niveles de análisis para los ocho casos que constituyen la base empírica de esta investigación. El propósito de este capítulo es plantear la discusión global de los resultados obtenidos y las conclusiones de la investigación. Para ello, y en primer lugar se presenta una breve reseña del estudio realizado. A continuación, se desarrolla la discusión de los resultados más relevantes del estudio, a la luz de las investigaciones previas y de los referentes conceptuales considerados en la primera parte de este informe, para arribar luego a las conclusiones. Finalmente, se cierra el capítulo con las reflexiones acerca de las limitaciones del estudio y se formulan posibles líneas futuras de investigación.

7.1 Reseña de la investigación

Este proceso investigativo se inició a partir de algunos interrogantes surgidos en mi propia práctica como docente de TIC y de inquietudes y preocupaciones de docentes de diferentes niveles educativos acerca de las dificultades concretas de integración de las tecnologías al aula y cómo evaluar los resultados de dicha inclusión. En este trabajo nos propusimos explorar la influencia de la *Interacción Digital* en la práctica educativa en clases de ciencia, con la finalidad de avanzar en la comprensión de los procesos de significación con mediación tecnológica en el aula de la escuela secundaria.

Desde una perspectiva constructivista, Cubero (2005) propone concebir a la *interacción* entre sujetos y de estos con las herramientas como mediadoras y promotoras del proceso de enseñanza y aprendizaje. Un proceso interactivo supone la capacidad de producir cambios y modificaciones sobre ciertas variables de alguno de los sistemas implicados. La *Interacción* se constituyó en

la categoría central para el abordaje del objeto de estudio durante el recorrido reflexivo en esta investigación.

Nos situamos en el campo de la investigación educativa que focaliza en la práctica educativa como actividad social y reúne al conjunto de actividades que se desarrollan en el aula con presencia de tecnología. Consideramos a la clase un *espacio contextualizado y situado* en el que alumnos y docentes participan activamente en la co-construcción de conocimiento. En el desarrollo de la *actividad conjunta con mediación tecnológica* se generan procesos interactivos situados que son sociales y por ende comunicativos.

Esta tesis tiene como objetivo principal conocer y comprender los procesos de significación que construyen los sujetos que participan de una actividad mediada por tecnología en el aula. Para ello fue necesario definir un escenario de indagación que se constituyó en el instrumento que posibilitó el diseño de la metodología que proponemos.

El estudio se realizó en aulas de Física en las que se utilizaban simulaciones computacionales. Tanto porque las simulaciones en sí mismas son ricas en cuanto a que dinamizan un fenómeno físico, como por las representaciones abstractas que con esas simulaciones es posible concretizar. Estos espacios de interacción son complejos y dinámicos y conjugan diferentes niveles de representación, pero también de interpretación y significación que pueden estudiarse desde los procesos interactivos y su dinámica.

Se realizó un estudio instrumental de casos constituidos por 8 grupos de alumnos de una clase de Física de escuela secundaria que trabajan de a pares en una computadora y utilizan simulaciones computacionales como mediadoras de los aprendizajes de la noción de campo eléctrico.

La articulación de los principales referentes conceptuales sobre la mediación tecnológica y la interacción colaborativa (Vigotsky, 1979; Piaget, 1973; Rabardel, 2002; Peirce, 1867; Scolari, 2004; Cubero, 2005; Onrubia, 2004; Coll y Monereo, 2008) nos permitió establecer las particularidades de los procesos que estudiamos e identificar las dimensiones que guían el desarrollo de la actividad en el aula. Las dimensiones de interacción que se identificaron son: *digital, social y conceptual*.

La *Interacción Digital* se convirtió en el núcleo de esta investigación. Mientras que el análisis desde las otras dos dimensiones (social y con el contenido) se realizó a los efectos de comprender cómo las interacciones digitales son influenciadas y condicionadas por las relaciones sociales entre los sujetos que comparten la misma actividad de aprendizaje y por el contenido que se estudia.

La noción de sistema de actividad (SA) ha sido el referente escogido para la estructuración del análisis e interpretación de los resultados en esta investigación. Para construir el mapa de esta tesis se consideraron los diferentes sistemas de actividad (de alumnos, docente y diseñadores de herramientas interactivas) que interactúan en el espacio del aula cuando se emplean herramientas computacionales para mediar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Se definieron dos niveles de análisis para el proceso, un *primer nivel* que ofrece una visión integral del proceso interactivo y un *segundo nivel* que propone el estudio del proceso desde las dimensiones de interacción identificadas.

La dimensión discursiva que se construye socialmente en el aula con tecnología posibilitó el estudio interpretativo de la actividad. La condición dialógica del discurso que incluye al digital, fue determinante para encontrar las respuestas a las cuestiones planteadas. Se realizó un análisis microscópico del fenómeno relacionado a los procesos de enseñanza y aprendizaje con tecnologías que considera una escala de tiempo interaccional (Badreddin & Buty, 2007). Esta escala a nivel de interacción, que representa una granularidad pequeña del tiempo, alrededor de minutos y segundos, permitió considerar la interacción digital.

7.2 Discusión de resultados más relevantes

Antes de presentar las conclusiones de la investigación se analizan las evidencias encontradas en los ocho casos que se estudiaron en relación a las hipótesis directrices planteadas. Para ello, la discusión se presenta siguiendo el orden de los objetivos, cabe recordar que fueron formulados a partir de las preguntas de investigación.

7.2.1 Los procesos interactivos en el aula

El primer objetivo que nos propusimos para esta investigación remite a la identificación de las características de los procesos interactivos que se construyen en el aula de educación secundaria cuando se utilizan simulaciones computacionales. El conjunto de resultados obtenidos desde los dos niveles de análisis nos ha permitido encontrar indicadores específicos de las características de estos procesos interactivos en todos los casos analizados.

En el primer nivel de análisis, el estudio de las acciones que generan cambios en la manera que los sujetos se aproximan al objeto, vistas como perturbaciones en el sistema de actividad, posibilitaron la identificación de *segmentos de interacción*. Estos segmentos de interacción nos han permitido establecer un mapa en el cual se puede identificar la forma en que los grupos han organizado la actividad. Hemos encontrado dos tipos de recorridos más frecuentes del hipertexto donde se presentan las simulaciones que son: aquellos guiados por la lectura de las preguntas propuestas por la tarea y aquellos establecidos por el cambio de simulación. La mayoría de los casos (6 de 8) desarrolla el primer recorrido, esto es un indicio para considerar a la *tarea como motor de la actividad* escolar en esta clase de Física.

El recorrido hipertextual asociado a las acciones, que considera la cantidad de segmentos de interacción que conforman la actividad en cada caso, el tiempo de permanencia en cada nodo (medido por la cantidad de turnos de habla), la posesión del mouse y las características propias de la navegación (identificación del nodo de destino, motivo por el que es visitado), nos ha permitido conocer de una manera particular el proceso interactivo y aproximarnos al perfil del grupo. La posesión del mouse al acceder a cada nodo es un primer indicio del modo en que los estudiantes se involucran en la tarea y cómo organizan la actividad conjunta. El constante cambio en la posesión del mouse en la mayoría de los casos, es un primer indicio de la participación equitativa de los estudiantes en cada grupo como una característica propia de la actividad conjunta. Este resultado muestra, en principio y desde un plano general, que la construcción del conocimiento está distribuida, lo que imposibilita que pueda conocerse cuál es el conocimiento del

que cada integrante del grupo se apropiá. Se ha observado que, como parte de la distribución del trabajo, existen tendencias a asumir alguno de los roles que propone la actividad, en estos casos, la producción escrita y la interacción con las simulaciones.

7.2.2 La clase de ciencia como sistema de actividad

El estudio de los procesos interactivos de una clase de ciencia desde una visión sistémica nos ha permitido reconocer las relaciones que se establecen en el aula. Los elementos del sistema son el par de estudiantes que trabajan juntos, el docente que guía la actividad, las herramientas que median el proceso y el conocimiento escolar como objeto del sistema.

El estudio del recorrido hipertextual ha posibilitado identificar las secuencias de navegación y sus frecuencias. La relación secuencia-número de nodos visitados con foco en la tarea ha permitido definir el *estilo de navegación* de cada grupo.

Los tipos de navegación identificados son cuatro (ver **Cuadro 5**). Dos presentan *recorridos lineales* con un criterio que orienta la navegación de tipo ordinal pero con diferencias cuantitativas en la cantidad de nodos visitados. Esta cantidad coincide en algunos casos con el número de simulaciones mientras que en otros además de realizar un recorrido lineal por las simulaciones se visualizan importante cantidad de visitas a nodos complementarios. Los otros dos tipos de navegación presentan un *recorrido en secuencias* que se repiten aleatoriamente o según la cantidad de interrogantes que plantea la tarea. Identificándose como criterios que orientan la navegación en el primer tipo al contenido o a la herramienta mientras que en el último a la tarea.

El estudio de la evolución del sistema de actividad determinado por las transformaciones hacia el objeto y los modos en que los sujetos se aproximan a él, nos ha permitido definir la metacategoría *Acción* (ver Anexo IV) que se constituyó en el instrumento central del proceso de análisis en esta investigación. Las categorías son: *Exploración, Gestión, Identificación de*

obstáculos, Superación de obstáculos y Relación con otros.

La construcción de mapas de acción ha permitido visualizar la distribución de las acciones durante la actividad e identificar el objeto que promueve la interacción. Hemos encontrado evidencias que muestran que los objetos que motivan las acciones son: *la herramienta, el contenido y la tarea*. La posibilidad de realizar un recorte sobre el mapeo de acciones permitió focalizar sobre cada uno de los objetos identificados como motores del sistema y acercarnos a una descripción de la actividad conjunta.

La evolución de la actividad se pudo indagar mediante la categoría *exploración*, con tres valores posibles (EFH, EFS, ECE). Los dos primeros, en particular, se han considerado de complejidad creciente en relación con el tipo de acciones que involucran, relacionados con la funcionalidad y la simulación respectivamente. Los resultados muestran que, en la mayoría de los casos, los tres tipos de exploración ocurren de manera simultánea en casi todos los episodios, lo que revela la complejidad del proceso y la necesidad de indagar en su interior. Es decir la complejidad está dada por la simultaneidad de las intenciones de las acciones. Sólo en tres de los ocho casos las acciones de exploración se alinean de manera casi exclusiva a uno de los tres niveles de exploración permitiéndonos identificar con mayor claridad el objeto central de exploración (herramienta, contenido o tarea).

La categoría *Gestión de Actividad*, en sus valores de GAH, GAT y GAP según el instrumento principal de mediación (herramienta, tarea, producción) nos permitió visualizar la evolución en la gestión de la actividad. Al igual que en la categoría anterior consideramos deseable que la gestión en relación con la herramienta (GAH) tienda a estar ausente sobre el final de la actividad momento en el que deberían haber alcanzado un grado de instrumentación adecuado para avanzar en la construcción de conocimiento. Los resultados muestran el fuerte compromiso de los alumnos por cumplir con la tarea que se les propone. Esto se afirma porque se ha identificado que las acciones de gestión de la actividad en relación con la tarea son más frecuentes que las relacionadas con la herramienta o con la producción escrita. En la mitad de los casos, estas últimas comienzan luego de un período de exploración y en el

resto se inician en diferentes momentos lo que consideramos un indicio más del estilo de trabajo de cada grupo, del nivel de conocimientos previos en relación con el contenido y con el modelo de interacción que la herramienta presenta.

Este modelo de evolución del proceso permite caracterizar cada caso estudiado y muestra la influencia de los cambios permanentes del sistema o discontinuidades provocados por las contradicciones, tanto externas como internas, que hemos podido identificar. Los resultados muestran que la representación del conocimiento escolar que propone la simulación es la causa más frecuente de interrupción de la interacción.

Finalmente, la categoría *Relación con otros* permitió profundizar el estudio de la dimensión social en base a las relaciones: sujeto-docente y sujeto-pares. En el primer nivel de análisis los resultados muestran que son más frecuentes las relaciones del grupo con el docente y en menor medida las relaciones con pares de otros grupos generalmente relacionadas con la funcionalidad de la herramienta. Podemos observar el rol del docente como el referente que ofrece andamios durante la actividad.

7.2.3 Procesos de significación colaborativos con mediación tecnológica en el aula

El análisis microscópico del proceso, en base a las tres dimensiones de interacción consideradas se realizó desde la perspectiva digital y nos ha permitido reconstruir la actividad. A continuación se presentan los resultados más relevantes del estudio de los procesos de significación colaborativos con mediación tecnológica.

El análisis de la dimensión de **Interacción Social** de la actividad posibilitó la identificación de descriptores que permitieron estudiar las relaciones sociales que se establecen en el SA clase.

El desarrollo de la gestión de la actividad en relación con la tarea se constituyó en el instrumento que nos permitió definir los diferentes roles de los sujetos en el proceso y el perfil grupal en cada caso. Las tablas que consideran las

categorías de micro acción dentro de la gestión de la tarea como son *escritura sobre papel*, *lectura de consignas*, *interacción con la simulación*, *diálogo con el docente o con sujetos de otros grupos y consulta a otros materiales de clase*, nos permitieron visualizar para cada uno de los 8 casos estudiados como se distribuía el trabajo para cada categoría y las distintas funciones del sujeto en interacción con su par durante la actividad. En relación a la distribución del trabajo, los resultados muestran que la interacción con la simulación es la función que más alto porcentaje alcanza y también es la más compartida por los sujetos que realizan la actividad conjunta. En un nivel inferior se visualizan las funciones de diálogo con el docente también compartidas. Por otro lado las funciones de lectura y escritura son claramente asumidas por uno de los integrantes del grupo. Finalmente hemos observado que los estudiantes del par asumen la responsabilidad compartida en la resolución de la tarea y no requieren ayuda de alumnos de otro grupo.

Hemos encontrado claros indicios que los sujetos cumplen desde roles que lo posicionan unilateralmente como *conductor* o como *acompañante* en el proceso. Tanto el rol de conductor como el de acompañante constituyen los extremos en la variabilidad de roles que pudimos identificar.

La fluidez en los diálogos en todos los casos, las decisiones que se tomaron para compartir tanto la interacción con la herramienta como la producción escrita y las interacciones con el docente se constituyen en evidencias de la construcción de la ZDP colectiva tal y como fuera enunciada por Onrubia (1997) y Baquero (2009a, 2009b). Los autores destacan la importancia de la existencia de puntos de vista divergentes para crear la ZDP al igual que la coordinación de roles, el control mutuo del trabajo, la recepción bilateral de ayuda y la alternancia de roles que permite la interacción entre pares. Es frecuente que los estudiantes alternen los roles de indagar y responder, suministrar información o solicitarla, seguir indicaciones o darlas.

La indagación en la ZDP colectiva y la consideración tanto de las ayudas ofrecidas por los docentes como de los mecanismos de regulación que pusieron en juego los estudiantes para realizar la tarea, hicieron posible la identificación del perfil grupal en cada caso. Los resultados destacan el

carácter social de la situación de aprendizaje que se evidencia en la predisposición del par de estudiantes que conforma el grupo para resolver la tarea en colaboración. Desde la concepción de la ZDP como construcción colectiva que puede favorecer la regulación de la actividad en el aula, se promueven acciones que estimulen la comunicación del grupo de trabajo con otros grupos.

El estudio de los procesos de colaboración a partir del análisis de la actividad discursiva nos permitió identificar los patrones de interacción digital colaborativa que fueron construidos tomando como referente las categorías de intervenciones dialógicas de Mortimer, et al. (1997). Este análisis, que considera una nueva dimensión interactiva que introducen las herramientas tecnológicas en relación con las consideradas por Mortimer, ha sido un indicio para reconocer la necesidad de realizar un estudio más profundo del rol del lenguaje digital a nivel discursivo.

El estudio de las *Intervenciones docente*, vistas como mecanismos de influencia educativa y focalizado en los diálogos de los alumnos con el docente, nos ha posibilitado analizar los elementos y mecanismos intervintentes en la construcción conjunta y los procesos de andamiaje. La elaboración de un plano general de las acciones de intervención docente permitió visualizar la presencia de estos mecanismos, los factores que los desencadenan, siendo el más frecuente la herramienta, y el sujeto que iniciaba el diálogo (alumno o docente). Estos mecanismos son mayormente iniciados por el docente lo que resalta la función mediacional que este docente asumió en los procesos de aprendizaje.

Los resultados nos permitieron visualizar el esquema de acción en la ZDP. El estudio de *la regulación de la intervención docente*, el *tipo de intervención* y el *análisis de la efectividad* posibilitaron el reconocimiento de los mecanismos de andamiaje cuyo factor desencadenante fue la herramienta. En los casos que las intervenciones del docente con foco en la herramienta son frecuentes e iniciadas por los estudiantes, el docente introduce la ayuda en la medida en que ésta se le solicita y la regulación es conjunta o de los estudiantes. Los tipos de intervención docente son, en la mayoría de los casos, la *indicación* o la *guía*. La efectividad de los mecanismos de andamiaje pudo conocerse a partir del

análisis de los conflictos u obstáculos que originan las intervenciones del docente, catalogados según el tipo de ayuda requerida. Los resultados que determinan una efectividad alta para el proceso de andamiaje se encuentran relacionados con los diferentes niveles de interacción con los modelos computacional y físico. Aquellos que determinan una efectividad media se relacionan con situaciones en las que los estudiantes no comprenden completamente cómo interactuar con la herramienta. En algunos casos es el concepto de parámetro el que no pueden asimilar y en otros es la sintaxis completa de interacción para ejecutar la simulación de forma adecuada. Un caso en el que la efectividad es baja se relaciona con el desconocimiento del concepto de parámetro, lo que reafirma la necesidad de considerar los conocimientos previos de los alumnos.

Los espacios de interacción en los que las **relaciones estudiantes-contenido** se explicitaron permitieron conocer la reconfiguración cognitiva que plantea la tecnología para el sujeto (por ejemplo espacios de elaboración de conjeturas y pruebas que permitan confirmarlas o refutarlas, espacios de elaboración de argumentos). La teoría sociocultural del aprendizaje (Vigotsky, 1979) nos brinda elementos para estudiar el valor de la interacción social y de la mediación instrumental en el desarrollo de la cognición. Con base en esta teoría focalizamos en la construcción compartida de significados de los alumnos que trabajan en grupo en una computadora.

El análisis del discurso que contiene a los diálogos registrados (dialógico y de actuación) entre pares nos permitió identificar argumentos acerca de la relación entre las nociones carga y campo, niveles de aproximación a la noción de campo como propiedad del espacio y el tipo de influencia de la tecnología en estos procesos.

El contexto comunicativo en el que se desarrolla la actividad, la problemática de los conceptos involucrados y las acciones de los sujetos para abordar el objeto de conocimiento en forma conjunta permitieron estudiar el proceso interactivo desde la dimensión *Interacción con el contenido*.

La identificación de secuencias de acciones que los alumnos desarrollaron durante la actividad y la consideración de la naturaleza comunicativa de las

interacciones asociadas no sólo a lo disciplinar sino también a lo digital y a lo social, permitieron definir momentos de interacción de tipo *Exploración*, *Descripción*, *Prueba* y *Síntesis explicativa*, que dan cuenta de la dinámica de significación en estos espacios.

Momentos de Exploración: predomina la exploración y el reconocimiento de la funcionalidad de la herramienta, no se advierte una descripción sistemática del fenómeno.

Momentos de Descripción: se explicitan percepciones iniciales. Se detallan ciertas características de lo observado y se habla de lo que la simulación ofrece a un nivel icónico. El compromiso por comprender el fenómeno es escaso.

Momentos de Prueba: se cotejan los datos asociados a las variables. Se contrastan las respuestas de la simulación con los conocimientos apropiados en las clases previas. Se corroboran hipótesis o se hacen conjeturas sobre lo que va a ocurrir.

Momentos de Síntesis explicativa: se buscan causas o regularidades para explicar los hechos simulados, relacionarlos con leyes de comportamiento general y explicitarlos. Ocurre primero un trabajo de análisis e interpretación de lo que se observa (a un nivel perceptivo), de las respuestas de la simulación a las órdenes ingresadas por teclado o mouse y luego la comprensión del fenómeno simulado en el marco de la teoría física estudiada. Se reconocieron dos niveles de síntesis en correspondencia con argumentos retóricos y oposicionales que concuerdan con los identificados por Bitonte (2005). Un primer nivel de *Interpretación* que se corresponde con enunciados que describen lo que ocurre sin hacer referencia a las posibles causas y un segundo nivel de *Argumentación* que se corresponde con explicaciones que se basan en un razonamiento causal. El argumento sirve para probar o demostrar una proposición, o para convencer de aquello que se afirma o se niega.

Podemos afirmar que los significados se construyen en relación a las acciones y a los recorridos dentro del entorno digital. La perspectiva semiótica se constituyó en el referente que nos permitió identificar niveles de aproximación a la noción de *campo* y también las componentes y relaciones que participaron del proceso de atribución de significado a este fenómeno científico. El análisis

de la interpretación del fenómeno consideró el momento en que éste es percibido e identificado a partir de ser enunciado y nos permitió identificar cualidades y conveniencias del significado de las entidades, ideas y comportamientos que se proponen en el discurso y su aceptación por los distintos actores. Los interpretantes son ejemplos concretos del conocimiento distribuido compartido por los sujetos que participaron del grupo de discusión. Hemos estudiado los interpretantes utilizados para referirse a las cualidades de las cargas, a las cualidades del campo, al comportamiento de las cargas en interacción y a la interacción. En el recorrido realizado, puede observarse cómo el nivel de construcción de interpretantes avanza hacia enunciados que ofrecen cada vez más información sobre el objeto y dan cuenta de las relaciones conceptuales que se establecen.

El análisis de la cadena de significación que reconstruye la historia de los conceptos en relación a sus interpretantes (Badreddine y Buty, 2010) nos permitió definir momentos de interacción en los que se argumentaba en relación a la noción de campo y el modo en que las herramientas forman parte de la dinámica de construcción.

La simulación ocupa un lugar fundamental en la construcción de los argumentos que son elaborados en base a lo que ésta presenta y a los referentes conceptuales trabajados en el aula. La mayoría de las construcciones que buscan confirmar o refutar ciertas conjeturas comprometen a la interacción digital.

Podemos afirmar que la diferencia entre lo que los alumnos esperan de la simulación y lo que ésta puede ofrecerles provoca una tensión que influye en los modos de negociación y atribución de significados.

La historia de los argumentos nos ha permitido identificar las diferentes etapas en que la simulación adquiere progresivamente el carácter de instrumento. En el transcurso de estas etapas, la simulación pasa de ser utilizada como soporte para argumentar a ser el medio que favorece la construcción colaborativa de conocimiento, hasta ser considerada un artefacto perfectible. Esta secuencia se hace evidente en aquellos casos en los que los alumnos demuestran un nivel de abstracción tal que les permite indagar sobre el fenómeno que se está

estudiando y apropiarse de la simulación como su instrumento. Cuando los niveles de significación se encuentran más asociados a lo perceptivo la simulación cumple un rol de soporte en las construcciones y los interpretantes se encuentran muy asociados al carácter presentativo de los objetos que la conforman. Se le da el status de irrefutable y no se cuestiona su propuesta.

Se obtuvieron en este estudio los siguientes niveles de interpretación según el proceso de significación seguido por cada par de alumnos:

- Nivel de conceptualización intermedio entre los paradigmas de acción a distancia y campo, con evidencias que pueden asociarse al reconocimiento del principio de superposición. La manipulación de las cargas colabora en la construcción de interpretantes sobre la distancia entre las cargas y la trayectoria de los vectores que representan al campo. La limitación en los valores que pueden asignarse a las cargas y la distancia predeterminada en la que éstas pueden situarse se presentan como obstáculos, mientras que el rebote y la posibilidad de igualar el valor se presentan como facilitadores de la construcción de interpretantes.
- Nivel de profundización escaso en relación con el fenómeno y con las posibilidades que ofrece la simulación. Los argumentos se inclinan hacia una conceptualización de la noción de campo como propiedad del espacio. No presentan dificultades en la interacción con la simulación y no aceptan la denominación “carga de prueba” para una carga que no se comporta como tal.
- La construcción de interpretantes es descriptiva (sólo se refieren a lo que la simulación presenta) y en pocas ocasiones alcanza un nivel interpretativo básico. No se elaboran juicios sobre el campo. No se reconoce que se considere el principio de superposición aunque tampoco ofrecen indicios sobre el modelo de acción a distancia. La interacción con la simulación es escasa.
- Los interpretantes indican como predominante la noción de interacción entre cargas y no muestran evidencias del reconocimiento del principio de superposición. La limitación en el espacio de representación del campo y el rebote con las paredes son identificadas como obstáculos para la conceptualización y colaboran con la idea de campo confinado a un espacio.
- Nivel de conceptualización más elevado que otros grupos. No se identifican evidencias que consideren la acción a distancia. En contadas ocasiones hacen referencia explícita al campo pero lo reconocen como generado por las cargas e interpretan el comportamiento de éstas por estar inmersas en él. No encuentra

obstáculos importantes relacionados con la funcionalidad de la herramienta que entorpezcan la conceptualización. La simulación se utiliza para corroborar ideas sobre el comportamiento de las cargas en el campo.

Listamos a continuación los obstáculos relacionados con la simulación que han ocasionado conflictos en la construcción de significados:

- El modelo que la simulación ofrece no reproduce únicamente al trabajado en clases previas. Los alumnos ponen en juego estrategias de uso, en el uso de la herramienta, que pueden no haber sido consideradas por el docente.
- El modelo de dos cargas parecería no colaborar en la conceptualización del campo, por el contrario parece afirmar la noción de acción a distancia.
- La representación del campo en un espacio acotado. Hemos advertido la necesidad de variar las dimensiones del campo. Se podría ofrecer un espacio de representación dinámico que, mediante facilidades de zoom in/out y desplazamiento, permita visualizar otros sectores. Otra posibilidad sería permitir que la carga quede fuera del espacio representado y no considerar el rebote con las paredes.
- La representación vectorial del campo. Los vectores son asociados a fuerzas que se dirigen hacia las cargas.
- La representación del tiempo en la simulación. A los fines de introducir la noción de campo es relevante considerar el tiempo como variable. No es evidente, en estos casos, que los alumnos perciban que durante la interacción de una carga con el campo eléctrico el tiempo transcurre.

Finalmente podemos destacar las facilidades que las simulaciones ofrecieron para la construcción de conocimiento:

- Fomentan el desarrollo de conflictos cognitivos. Es más que evidente la potencialidad de estas situaciones para estimular las discusiones verbales y confrontar las ideas intuitivas con las formales que ofrece el sistema simulado.
- Ofrecen posibilidades de observación y manipulación que colaboran en la construcción de interpretantes.
- Son reconocidas por los estudiantes como potenciales para el aprendizaje debido a la funcionalidad exploratoria y la representación visual dinámica y restringida de los fenómenos que ofrecen.

- Ofrecen respuesta inmediata a los cambios colaborando en la validación de hipótesis y en la negociación de significados.
- Promueven la construcción de nuevo conocimiento y potencian la negociación. Las acciones no preestablecidas, que van más allá de la exploración de los objetos y las relaciones proporcionadas, generan nuevas situaciones que permiten la creación de elementos complejos a partir de los originales.

Los resultados permiten afirmar que las simulaciones pueden convertirse para los estudiantes en instrumentos para la conceptualización de un fenómeno en la medida que puedan desarrollar criterios para identificar las limitaciones que la herramienta presenta. Se reconoce la importancia del acompañamiento permanente de los docentes para afrontar lo diverso y complejo de las situaciones de aprendizaje con simulaciones y el trabajar sobre el modelo computacional que pueda ofrecer la herramienta interactiva seleccionada.

El abordaje de la **Interacción Digital** desde la dimensión narrativa posibilitó la reconstrucción de la actividad de los alumnos que interactúan con la herramienta. Del análisis de las fases interactivas que determina un estado del sistema simulado se identificaron los momentos de comprensión de la funcionalidad de la herramienta.

Las características más complejas de la funcionalidad que requirieron de la ayuda del docente fueron la comprensión de la sintaxis de interacción para el ingreso de valores y la visualización apropiada del fenómeno.

Los modos de trabajo asociados a lo digital se corresponden con el tipo de recorrido hipertextual que realizó cada grupo. Algunos modos son *ordenados*, se recorren las tres simulaciones en orden natural, otros son *ordenados secuenciales*, se recorren las tres simulaciones para contestar cada una de las preguntas de la tarea y finalmente otros *aleatorios*, se recorren los distintos escenarios y se experimentan distintos recorridos alternando etapas tanto interactivas como exploratorias.

Las estrategias de interacción empleadas para comprender la visualización de la representación del campo fueron variadas. Los resultados nos permitieron identificar las siguientes: comprender el sentido e intensidad de los vectores, comprender el desplazamiento de las cargas, explicar el rebote con las

paredes, determinar cuál es la carga que genera el campo, encontrar situaciones particulares por ejemplo que las cargas se junten.

La variedad de situaciones interactivas tiene una relación directa con el descubrimiento y la exploración de la funcionalidad de la herramienta. La exploración del contenido está restringida por la comprensión de la funcionalidad. A su vez, las potencialidades de las herramientas interactivas se hacen visibles para el sujeto cuanto más se profundiza en la comprensión del contenido escolar.

Como parte del análisis de la interacción en este trabajo se creó una *sintaxis* para reconstruir las secuencias de interacción digital. Esta sintaxis considera nuevos códigos para cada una de las acciones en pantalla que permiten reproducir en forma escrita la secuencia digital e identificar períodos de exploración de la funcionalidad y modos de interacción. Se identificaron los siguientes períodos: aquellos en los que se realizan secuencias completas en relación con los recorridos excluyentes que exige la simulación, otros de exploración de la simulación del fenómeno en los que se varían los parámetros, y finalmente, de *detección* y *superación* de obstáculos relacionados con la funcionalidad de la herramienta.

El análisis de la construcción de *recorridos excluyentes* nos permitió definir las etapas o momentos en los que cada grupo podía completarlos adecuadamente y cuáles eran los factores que obstaculizaban esa construcción. En relación a las secuencias para el ingreso de parámetros, los resultados muestran que en el 60% de los casos necesita ser indicada por el docente y que después de la ayuda es utilizada en forma correcta durante la actividad, aún cuando se cambia el escenario. Esto constituye un indicio de la apropiación de la herramienta. Por otro lado la necesidad de ayuda para avanzar pone en evidencia que el mecanismo requerido para esta acción es poco intuitivo y requiere que se considere su pertinencia para este tipo de herramientas.

Se identificaron los siguientes significados atribuidos a las acciones y a los obstáculos en los recorridos no excluyentes:

- Reconocimiento de la funcionalidad de campos no editables y visor de coordenadas del cursor.

- Interpretación de las representaciones. Generan obstáculos cuando no acuerdan con el modelo trabajado previamente.
- Reconocimiento de los valores que pueden asignarse a los parámetros. Al establecer relaciones entre los parámetros y sus valores se profundiza la indagación sobre los aspectos conceptuales. La simbiosis simulación-contenido favorece la conceptualización.
- Análisis de las relaciones entre magnitud de las cargas y tamaño de las partículas que se visualizan. La negociación de significados evidencia la profundización del contenido.
- Navegación por el entorno de trabajo y ajustes de ventanas.
- Visualización dentro de los límites del espacio de representación.

Una de las conclusiones a las que se arriba es que los obstáculos muestran la influencia de la interacción digital en los procesos de atribución de significado. Podemos afirmar que el análisis de la Interacción digital permite identificar las cualidades de un artefacto para su apropiación y las características del proceso de instrumentalización que sigue un sujeto.

7.2.4 Rol de la herramienta interactiva en el proceso de significación

Para conocer el rol que cumple la simulación en los procesos de significación en el aula de Física de escuela secundaria nos propusimos estudiar el significado atribuido a la herramienta y los niveles de instrumentación alcanzados en cada caso. La elaboración de un mapa de frecuencias posibilitó la identificación de episodios en los que confluían la mayor cantidad de acciones de exploración, gestión y obstáculos relacionados con la herramienta. Se pudieron identificar:

- Períodos en los que las características del software influyen sobre las estrategias de resolución y sobre las concepciones previas de los estudiantes en relación con las herramientas. Esto puede asociarse con períodos de instrumentación propuestos por Rabardel (2003) en su teoría de la actividad instrumentada.
- Momentos en los que los estudiantes utilizaron la herramienta guiados

por la búsqueda de estados posibles del sistema o para corroborar hipótesis relacionadas con el contenido que se está trabajando. Esto puede asociarse con instancia de *instrumentalización* (Rabardel, 2003) en las que disponen de la herramienta para construir conocimiento

- Significados atribuidos a la herramienta a partir de *juicios de valor sobre la herramienta como tal*, *juicios acerca de lo que la herramienta permite* (en relación al contenido), *juicios en los que se reconocen los atributos de la herramienta* (en relación con la funcionalidad) y *rupturas y continuidades* en la interacción. Los significados atribuidos se relacionan con el nivel de instrumentación o instrumentalización alcanzado que les permite avanzar en la construcción al superar obstáculos y reconocer los errores o falencias de las herramientas.

7.2.5 Relación entre las dimensiones de interacción digital, social y conceptual

En el contexto del aula con mediación tecnológica se presentan casos que tensionan la visión del docente en su rol de facilitador de los aprendizajes con la situación real de interacción que vivencia el alumno.

La dimensión discursiva que se construye socialmente en el aula con tecnología posibilita el estudio interpretativo de la actividad. En este sentido, el diálogo surge como un ejercicio conjunto que permite a los sujetos que participan ir construyendo nuevas metas a partir de poner en cuestión sus propias opiniones para acceder a nuevas respuestas compartidas.

La condición dialógica del discurso que incluye al lenguaje digital fue determinante en esta tesis para encontrar respuestas sobre la situación de tensión mencionada.

La dimensión interpretativa da cuenta de los significados que describen la condición de alumnos y docentes que participan de los procesos interactivos en el aula y muestra las distintas narrativas de quienes dialogan. El estudio interpretativo de la actividad de los sujetos en el aula como contexto situado hizo posible reconocer la diversidad de caminos que se construyen. Las

distintas situaciones por las que transitaron los sujetos (alumnos y docente) posibilitó la comprensión de los significados atribuidos a la tarea y a las herramientas.

La interacción digital se superpone a la interacción social. La colaboración se da en función de las posibilidades para debatir que facilita la herramienta. A su vez se agrega un nuevo lenguaje para la comunicación, el lenguaje digital, que participa en la construcción discursiva y que parecería ubicarse en un nivel de participación que requiere ser estudiado del mismo modo que el lenguaje hablado o escrito.

El conocimiento que se construye es diferente al que se construiría con lápiz y papel. Surgen otras situaciones y obstáculos que se relacionan con lo dinámico que evidencia la interactividad como característica que se suma a estos procesos. La argumentación se potencia, lo digital, lo dinámico le imprimen cierto condimento a las interacciones que posibilitan el desarrollo de otro tipo de argumentos que son aceptados o rechazados utilizando estas herramientas. Es posible arriesgar la hipótesis de una argumentación basada y fundamentada en la mediación del lenguaje digital.

Las etapas de instrumentalización no son alcanzadas fácilmente, para que esto ocurra antes es necesario se alcance un cierto dominio del contenido que se trabaja, para de esta manera poder identificar más acciones que se pueden hacer con el auxilio del instrumento (la herramienta asimilada por el sujeto y de la que dispone como herramienta cognitiva propia), y expande sus competencias cognitivas. Parecería ser un ciclo que se acrecienta cada vez. En la medida que más se domine el contenido y el instrumento más se le puede pedir a este último.

7.3 Conclusiones y aportes

Luego de la síntesis de resultados presentada en el apartado anterior podemos establecer las siguientes conclusiones organizadas en tres bloques según las líneas fundamentales en las que consideramos pueden agruparse los aportes de este proceso de investigación:

a) Contribuciones a los aportes teóricos

La dimensión digital se estudia mediante un enfoque sistémico que permitió construir el escenario de interacción tomando en consideración los modelos científico, computacional, pedagógico, didáctico, e interactivos que confluyen en el aula de ciencia cuando se utilizan simulaciones computacionales (ver Anexo I). Este esquema reúne los diferentes sistemas de actividad que interactúan directa o indirectamente en las situaciones mediadas. Posibilita visualizar en un sentido amplio las relaciones que los sujetos desarrollan con los objetos y con otros sujetos durante la “clase” vista como sistema de actividad.

Del análisis de la Interacción Digital se pueden identificar las cualidades de un artefacto para su apropiación (ver **Figura 30**). Como quedó plasmado en esta investigación, a partir del fenómeno social estudiado se pueden identificar las cualidades de apropiación del artefacto mediador y conocer las etapas de instrumentación e instrumentalización por las que transita el sujeto.

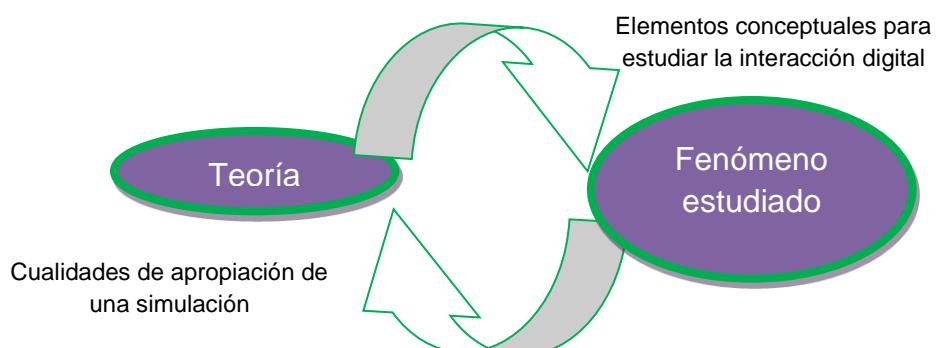


Figura 29: resultados de estudiar la interacción digital.

b) Contribuciones a los aportes metodológicos.

El recorrido seguido para presentar los resultados más relevantes en función de los objetivos propuestos ha considerado y detallado los rasgos destacables de los mecanismos que posibilitaron este estudio. Los instrumentos elaborados se convirtieron en canales para reconstruir la actividad en el aula de ciencia con mediación tecnológica desde las tres dimensiones propuestas.

La generalidad alcanzada en la construcción de los instrumentos metodológicos garantiza su aplicación para abordar el estudio de otro tipo de

tarea colaborativa que involucre el uso de herramientas interactivas en el aula.

La diversidad de herramientas propuestas para analizar la clase, con foco en la interacción digital sin desatender todas las dimensiones de interacción involucradas, permitió abordar de una manera pormenorizada el complejo objeto de estudio. Es posible distinguir en los procesos interactivos elementos de diferente naturaleza, puestos en relación durante la actividad. Esta percepción puede ayudar al docente a reconocer factores que pueden pasar desapercibidos durante la actividad conjunta en el aula. Entre los instrumentos elaborados para el estudio de los procesos interactivos podemos destacar aquellos que permiten:

- Estudiar la evolución del sistema de actividad determinado por las transformaciones hacia el objeto y los modos en que los sujetos se aproximan a él. Definición de las categorías de acción que se constituyeron en el instrumento central de todo el proceso de investigación.
- Reconstruir las secuencias de interacción digital. La sintaxis creada para reconstruir las secuencias de interacción digital permite conocer las narrativas del caso y el significado que se atribuye a la herramienta interactiva.
- Conocer el grado de apropiación de las herramientas interactivas y los factores que lo determinan.

c) ***Contribuciones y aportes relativos a las Interacciones***

Las conclusiones y aportes que se derivan del análisis de los procesos interactivos en el aula de ciencia de escuela secundaria se presentan en dos líneas según el tipo de influencia identificada (ver **Figura 30**). Por un lado se enumeran aquellas que hacen evidente la influencia de la Interacción digital sobre las interacciones sociales y conceptuales. Las afirmaciones elaboradas a partir de estas influencias podrían constituirse en recomendaciones para el uso didáctico de simulaciones. Por otro lado, se presentan las conclusiones que ponen de manifiesto las influencias de las interacciones sociales y

conceptuales sobre las interacciones digitales, que pueden constituirse en recomendaciones para el diseño de simulaciones educativas. En algunos juicios puede observarse la mutua influencia de las interacciones consideradas.

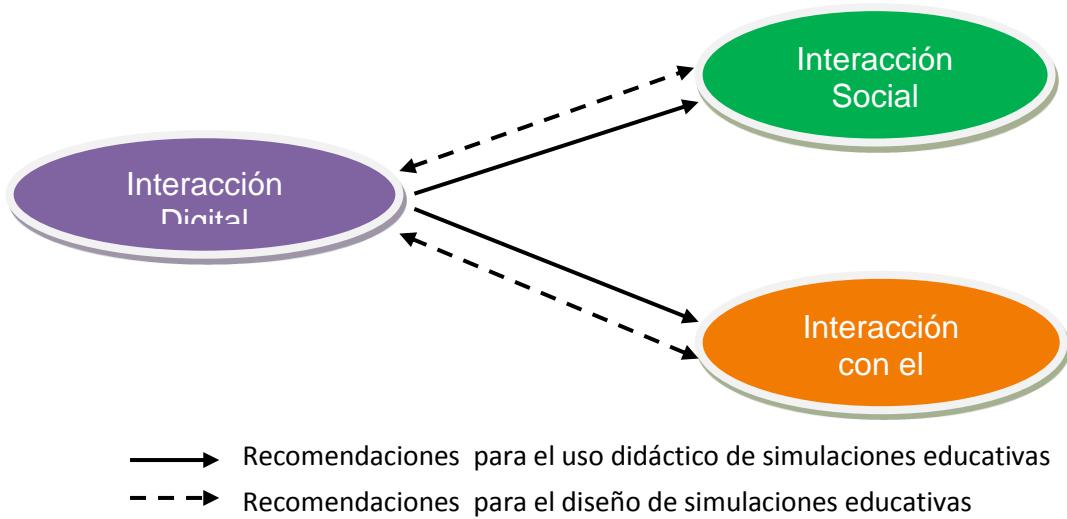


Figura 30: Influencias de la Interacción Digital en el aula y derivaciones.

- El recorrido seguido destaca la potencialidad de los entornos de colaboración con mediación tecnológica para propiciar espacios de interacción en el aula. Esto se evidencia al considerar el porcentaje que ocupa la interacción digital en el discurso (en la mayoría de los casos estudiados fue de un 20 %).
- Los resultados de esta tesis evidencian instancias de Instrumentación e Instrumentalización definidos por Rabardel (2002) en su teoría de Actividad mediada por instrumentos y Génesis instrumental. (Influencia mutua)
- La Intervención Docente durante la actividad en el aula de ciencia mediada por simulaciones puede constituirse en andamio. Cada grupo desarrolla un proceso interactivo diferente motivado por aspectos también diversos que se relacionan con la herramienta. El docente no puede conocer esta variedad, sólo reconoce del proceso aquellas situaciones en las cuales participó.

- Los obstáculos identificados en los recorridos interactivos construidos por los estudiantes hacen visible la influencia de la Interacción digital sobre la interacción con el contenido. Cuando se reconocen obstáculos o limitaciones se ponen en juego los conocimientos previos sobre el contenido y se discute el modelo que la simulación presenta. Esta potencialidad del uso de simulaciones y la importancia de cuestionar el modelo propuesto acuerda con los resultados presentados por Cox, Junkin, Christian, et al. (2011) en su estudio sobre el uso de simulaciones incorrectas en la enseñanza de la Física.
- Los obstáculos cognitivos promueven las interacciones. Por un lado la interacción digital es motivada por el contenido y por el proceso de comprensión que el mismo exige. A su vez cuando los alumnos comprenden la funcionalidad de la herramienta comienza a ser mayor la interacción con el contenido. La presencia de obstáculos que impiden el desarrollo normal de la interacción evidencia las características interactivas que se ponen en juego durante el proceso de significación.
- Conocer las características interactivas de las simulaciones sumadas a los conocimientos previos sobre el contenido favorece la construcción de nuevo conocimiento. Esto se debe a la posibilidad de aprovechar la riqueza de las representaciones dinámicas al buscar respuestas y encontrar obstáculos de mayor dificultad que aquellos que se pueden encontrar cuando no se conoce ni las posibilidades interactivas de las herramientas ni las complejidades del conocimiento que la simulación representa.
- El grado de conocimiento del contenido determina el grado de instrumentalización.
- El rediseño de un artefacto que considere los obstáculos que se evidencian en el estudio de los recorridos interactivos construidos favorecería la apropiación del instrumento y aumentaría sus cualidades como mediador de aprendizajes. Entonces sería deseable que los diseñadores de aplicaciones informáticas educativas consideren los

recorridos y estrategias de uso de los alumnos para incluirlas y mejorar sus cualidades como mediador de aprendizajes.

- Una de las estrategias que debería considerarse cuando se diseñan aplicaciones educativas es la inclusión de situaciones controversiales que generen conflictos y puntos de vista divergentes.

7.4 Limitaciones, cuestiones pendientes y líneas de investigación futuras

Luego de mencionar las principales aportaciones, señalamos aquellos aspectos pendientes de profundización que no han sido consideradas en nuestro trabajo por cuestiones relacionadas a las limitaciones temporales propias de la investigación o porque son derivaciones del estudio microscópico y sistemático que se realizó en esta investigación.

El primer recorte tiene que ver con el estudio de una actividad acotada en el tiempo pero justificada por el nivel de microanálisis realizado.

Otra cuestión que se deriva de este estudio, también relacionada con las posibilidades reales que define el trabajo de tesis, es probar la misma metodología en otros contextos en los que se utilicen otras herramientas.

Finalmente, como cierre es importante destacar que nuestros resultados muestran evidencias de la influencia mutua o recíproca entre Interacción Digital y otras dimensiones de interacción estudiadas. Estas influencias no pueden conocerse con anterioridad, se hacen evidentes a partir de los distintos mecanismos interactivos que se construyen en la actividad conjunta.

Por otro lado queremos destacar que nuestra estrategia de abordaje empírico, desde la Interacción digital, nos permitió superar la descripción de los procesos interactivos y nos posibilitó definir propuestas específicas para mejorar la utilización de simulaciones en clases de Física.

Algunos de los aspectos que nos han permitido delinear futuras investigaciones derivadas de este trabajo son:

- Diseño de herramientas interactivas para el aula en base a modelos generativos (Rabardel y Bourmaud, 2003) en los que el diseño continúa

en el uso. Desarrollo de modelos que permitan comprender y explicar la dimensión constructiva de la actividad del usuario.

- Estudio en profundidad del lenguaje digital a nivel discursivo.
- Profundizar y desarrollar nuevas herramientas metodológicas para el estudio de la interacción en otros ambientes de interacción digital como por ejemplo TVDi. Este es un aspecto sobre el que ya hemos comenzado a trabajar (Santos y Miranda, 2013).
- Diseño de herramientas que registren el proceso interactivo con simulaciones. Aprovechar la ventaja de lo “digital” para que las simulaciones educativas puedan ofrecer ayudas a los docentes en relación a los procesos de conceptualización seguidos por sus estudiantes.
- En el caso particular de las simulaciones:
 - Profundizar en la historia de los conceptos desde un análisis semiótico con el objeto que puedan identificación niveles de significación alcanzados.
 - Estudiar el conocimiento tecnológico de los docentes que guían la actividad mediada por herramientas interactivas en el aula.

CAPÍTULO 8

Referencias bibliográficas

A

- ACHILLI, E., (2006). *Investigar en antropología social. Los desafíos de transmitir un oficio.* Laborde: Rosario.
- ANDRIESSEN, J., BAKER, M. & SUTHERS, D. (2003). [Eds] *Arguing to Learn: Confronting Cognitions in Computer-Supported Collaborative Learning environments.* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- ADÚRIZ BRAVO, A., MORALES, L., (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de la Física. Consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas, en *Cad. Brás. Ens. Fís.*, v. 19(1), pp. 79-92.
- ALONSO SÁNCHEZ, M., (2007). Animaciones Modellus y videos de experiencias de laboratorio para dar un nuevo impulso a la enseñanza de la mecánica newtoniana. En *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 729-745.
- ANDRADE, M. A., Y CABRAL DA COSTA, S. S., (2006). O Uso de simulações computacionais para ensino de Óptica no ensino médio. Em *Experiências em Ensino de Ciências*, V1(2), pp. 18-29.
- ARAUJO, I. S., VEIT, E. A., Y MOREIRA, M. A. (2007). Simulações computacionais na aprendizagem da Lei de Gauss para a eletricidade e da Lei de Ampère em nível de Física Geral. En *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 6, Nº3, 601-629.
- ARAUJO, I. S., (2005). Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de Física Geral. Tesis doctoral para acceder al grado de Doctor en Ciencias de la IF-UFGRS.
- ARAUJO, I. S., VEIT, E. A., MOREIRA, A. (2004). Actividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. En *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26(2), pp. 184-179.
- ARAUJO, I. S., VEIT, E. A., MOREIRA, M. A., (2008), Physics students' performance using computational modeling activities to improve kinematics graphs interpretation, *Computers & Education*, 50(4), pp. 1128-1140.
- AREA MOREIRA, M. (2011), Los efectos del modelo 1:1 en el cambio educativo en las escuelas. Evidencias y desafíos para las políticas iberoamericanas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 56, pp. 49-74.
- AREA MOREIRA, M. (2009), Introducción a la Tecnología Educativa, manual electrónico, descargado en abril de 2009, <http://webpages.ull.es/users/manarea/ebookte.pdf>

B

- BADREDDINE, Z., y BUTY, C., (2011). Discursive Reconstruction of the Scientific Story in a Teaching Sequence. *International Journal of Science Education*, 33(6), 773-795.
- BAQUERO, R., (2009a). Vigotsky y el aprendizaje escolar, Buenos Aires, Aique grupo editor.
- BAQUERO, R. (2009b). Zona de desarrollo próximo, sujeto y situación. El problema de las unidades de análisis en Psicología Educativa. *Revista electrónica Actualidades investigativas en Educación*, vol. 9, pp. 1-25. Consultada marzo de 2009.
- BAQUERO, R. (2006). Sujetos y aprendizaje (1a ed.). Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación.

- BARROS, B. y VERDEJO, M.F., (2000). Analysing student interaction processes in order to improve collaboration. The DEGREE approach. International Journal of Artificial Intelligence in Education, (2000), 11, 221-241.
- BERTIN, J. (1983). Semiology of Graphics. University of Wisconsin Press.
- BETTETINI, G. F., GASPARINI, B. y VITTADINI, N. (1999). Gli spazi dell`ipertesto. Milan: Bompiani.
- BIELACZYC, D. y COLLINS, A. (2000) Comunidades de aprendizaje en el aula: Una reconceptualización de la práctica de la enseñanza. En C. Reigeluth (ed.), Diseño de la Instrucción. Teorías y Modelos, Madrid: Aula XXI Santillana, p. 279-304.
- BITONTE, M. E., (2005). Etnometodología e interacción. Perspectivas para el abordaje de la argumentación. Vigencia de la argumentación, 2005, Bs. As., Proyecto, 91-105.
- BOHIGAS, X., JAÉN, J. y NOVELL, M. (2003), "Applets e la enseñanza de la Física", Enseñanza de las Ciencias, 21 (3), 463-472.
- BOLOGNESI PRADO, A., CALANI BARANAUSKAS, M. C. y MEDEIROS, C. B. (2000). Cartography and geographic information systems as semiotic systems: a comparative analysis. ACM-GIS, pp. 161-166.
- BRUNER, J. S. (1998). Acción, pensamiento y lenguaje. Madrid: Alianza.
- BRUNER, J. S. (1988). Realidad mental y mundos posibles: los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia. Barcelona: Gedisa.
- BURBULES, N., (2011). Entrevista en Gvirtz, S. y Necuzzi, C. (comps.), Educación y tecnologías : las voces de los expertos. CABA: ANSES, 2011.
- BURBULES, N. y CALLISTER T. (2006). *Educación: riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información*. Buenos Aires: Editorial Granica.

C

- CABERO ALMENARA, J., (2009), Cap. 2: "Tecnología Educativa: su evolución histórica y su conceptualización". Recuperado en marzo de 2009 desde: http://novella.mhhe.com/sites/dl/free/8448156137/471653/Capitulo_Muestra_Cabero_8448156137.pdf
- CABERO ALMENARA, J., (2006). Bases pedagógicas del e-learning. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC), 3(1), UOC. Recuperado el 10 de noviembre de 2009 desde: <http://www.uoc.edu/rusc/3/1/dt/esp/cabero.pdf>
- CARRETERO, M. (1998). Constructivismo mon amour. En M. Carretero, J. A. Castorina y R. Baquero (comps.), Debates constructivistas, Buenos Aires, Aique, 1998; pp. 47-67.
- CASTILHO, M. I. y RICCI, T. F. (2006). O Uso de animações como elemento motivador de aprendizagem. En Experiências em Ensino de Ciências, V1(2), pp. 10-17.
- CERRATTO PARGMAN, T. and WAERN, Y. (2003). Appropriating the Use of a Moo for Collaborative Learning. Interacting with Computers: the interdisciplinary journal of Human-Computer Interaction Volume 15, p. 759 – 781. Elsevier Science.
- CHANG, K., Chen, Y., Lin, H., Sung, Y., (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. En Computers & Education, V 51, 1486-1498.
- CHAIKLIN, S. y LAVE, J. (Comps.) (2001), Estudiar las prácticas. Perspectivas sobre actividad y contexto. Amorrortu Editores, Buenos Aires-Madrid.
- CHAN, M. E. (2005). Competencias mediacionales para la educación en línea. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 7 (2). Consultado el día 12 del mes 12 del año 2010 en: <http://redie.uabc.mx/vol7no2/contenido-chan.html>
- CHAN NÚÑEZ, M. E. (2004), Propuesta metodológica para el análisis de las competencias mediacionales en procesos educativos en entornos digitales. Tesis para acceder al grado de doctor en Educación, especialidad en Comunicación Educativa. Dirigida por el Dr. Raúl Fuentes Navarro.
- CHANG, K.; CHEN, Y., LIN, H. y SUNG, Y. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. Computers & Education, 51, pp. 1486-1498.

- CHRISTIAN, W.; BELLONI, M.; ESQUEMBRE, F. y MARTÍN, E. (2003) Enseñando Física con Fislets.CIAEF, VIII Conferencia Inter-americana sobre educación en Física, La Habana, Julio 7-11. (http://colos.fcu.um.es/DiseGrafSimula/Docs/Fislets_Paco_E.pdf) consultado (18/1/2006)
- CLARÀ, M. & MAURI, T., (2010). Toward a dialectic relation between the results in CSCL. Three critical methodological aspects of content analysis schemes, *Computer-Supported Collaborative Learning* 5(1).
- COLE, M. y ENGESTROM, Y. (2001) "Enfoque histórico-cultural de la cognición distribuida", Salomon G. (comp.) Cogniciones distribuidas. Consideraciones psicológicas y educativas. Buenos Aires: Amorrortu.
- COLE, M. (1990). Poner la cultura en el centro. Cap. V, pp. 113-137. En Psicología cultural. Un disciplina del pasado y del futuro. Madrid: Editorial Morata.
- COLL, C. y MONEREO, C. (Eds.) (2008), Psicología de la Educación virtual, Ediciones Morata.
- COLL, ONRUBIA, J. y MAURI, T., (2008). Ayudar a aprender en contextos educativos: el ejercicio de la influencia educativa y el análisis de la enseñanza, en El análisis de la interacción alumno-profesor: líneas de investigación, Revista de Educación, 346, pp. 33-70.
- COLL, C. y SANCHEZ, E. (2008). Presentación. El análisis de la interacción alumno-profesor: líneas de investigación. Monográfico: El análisis de la interacción alumno-profesor: líneas de investigación. *Revista de Educación*, 346, Mayo-agosto 2008, pp. 15-32.
- COLL, C., MAURI, T. y ONRUBIA, J. (2008a). El análisis de los proceso de enseñanza y aprendizaje mediados por las TIC: una perspectiva constructivista. En E. Barberà, T. Mauri y J. Onrubia (Eds.), *La calidad educativa de la enseñanza basada en las TIC. Pautas e instrumentos de análisis* (pp. 47-62). Barcelona: Graó.
- COLL, C. MAURI, M. T. y ONRUBIA, J. (2008b). Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: una aproximación socio-cultural. En *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10(1). Consultado el 28 de agosto de 2012, en: <http://redie.uabc.mx/vol10no1/contenido-coll2.html>
- COLL, C., MAURI, T. y ONRUBIA, J. (2005). Technology and pedagogical practices: ICT as joint activity mediating tools. Lecture presented at Annual Conference of the American Educational Research Association, Montreal, Canada. URL: www.ub.edu/grintie [consulta: 12/03/2010]
- COLL, C. y MARTÍ, E. (2001). Tecnologías de la Información y de la comunicación y prácticas educativas. En Coll, C. Palacios, J. y Marchesi, A. Desarrollo psicológico y Educación 2. Psicología de la Educación Escolar, 623-652. Madrid: Alianza.
- COLOMINA, R., ROCHERA M.J., y MAURI, T., (2005). Cambios en la enseñanza con TIC: una oportunidad para saber más sobre el proceso de aprendizaje de los alumnos y mejorar la ayuda educativa.
- COSENZA, G. (2004). Semiotica dei nuovi media. Roma-Bari: Laterza.
- COX, A. J., JUNKIN III, W. F., CHRISTIAN, W., BELLONI, M. y Esquembre, F., (2011). Teaching Physics (and Some Computation) Using Intentionally Incorrect Simulations. En *The Physics Teacher*, V 49.
- CRONJÉ, J. C. y FOUCHE, J., (2008), Alternatives in evaluating multimedia in secondary school science teaching, *Computers & Education*, 51(2), pp. 485-968.
- CROOK, C. (1998): Ordenadores y aprendizaje colaborativo. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia y Ediciones Morata.
- CROOK, C. (1994). Computers and the collaborative experience of learning. London: Routledge.
- CUBERO, R., CUBERO, M., SANTAMARÍASANTIGOSA, A., DE LAMATA, M., CARMONA, M. J., y PRADOS GALLARDO, M., (2008). La educación a través de su discurso. Prácticas educativas y construcción discursiva del conocimiento en el aula Monográfico: El

- análisis de la interacción alumno-profesor: líneas de investigación. Revista de Educación, 346, Mayo-agosto 2008, pp. 71-104.
- CUBERO, R. y RUBIO, D. (2005). Psicología Histórico-Cultural y naturaleza del psiquismo, en Vigotsky en la psicología contemporánea. Cultura mente y contexto. Miño y Dávila editores, Buenos Aires, Argentina.
- CUBERO, R., (2005), Perspectivas constructivistas. La intersección entre el significado, la interacción y el discurso. Barcelona: editorial GRAÓ.

D

- DE BARROS, J. A. REMOLD, J., DA SILVA, G. S. F. J. R. , (2004), Revista Brasileira de Ensino de Física, 26(1), 63-69.
- DE LA PEÑA, L., (coord.), (1998). Ciencias de la materia: Génesis y evolución de sus conceptos fundamentales. Siglo XXI Editorial.
- DE SOUZA, C. S., LEITÃO, C. F., PRATES, R. O., BIM, S. A., DA SILVA, E. J., (2010), Can Inspection methods generate valid new knowledge in HCI? The case of semiotic inspection. In International Journal Human-Computers Studies 68, 22-44.
- DE SOUZA, D. S. y LEITÃO, C. F. (2008). Contribuições da Engenharia Semiótica para os Métodos Científicos de Pesquisa em IHC. Proceeding of the VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, pp. 348-349. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação.
- DE SOUZA, C. S. (2005) The semiotic engineering of human-computer interaction. Cambridge, MA. The MIT Press.
- DE SOUZA, C. S., BARBOSA, S.D.J. y PRATES, R. O. (2001). A semiotic engineering approach to HCI. Proceeding CHI EA '01 in Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 55-56. New York, NY: ACM.
- DE SOUZA, C. S. (1993). The semiotic engineering of user interface language. Int. Man. Machine Studies, 39, pp.753-773.
- DECORTIS, F., RIZZO, A. & SAUDELLI, B. (2003). Mediating effects of active and distributed instruments on narrative activities.
- DEDE C., (coord.) (2000), Aprendiendo con tecnología, Buenos Aires: Paidós.
- DEL VILLAR, R. y SCOLARI, C. (coords.) (2004). Corpus Digitalis—Semióticas del mundo digital. Revista de Signis 5. Barcelona: Ediciones Gedisa. Recuperado el 20 de diciembre de 2013 desde: www.comunicacionymedios.uchile.cl/index.php/RCM/article/.../12448
- DERRY, S.J. & HAWKES, L.W. (1993) Local Cognitive Modelling of Problem Solving Behavior, en Lajoie, S.P. & Derry, S.J. (Eds.) Computers as Cognitive Tools , pp. 107-140. Hillsdale, N.J.: L.Erlbaum Ass.
- DILLENBOURG, P., BAKER, M., BLAYE, A. & O'MALLEY, C.(1996) The evolution of research on collaborative learning.In E. Spada & P. Reiman (Eds) Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science. (Pp. 189-211). Oxford: Elsevier.
- DOMINGUEZ, A. (2011). Modos de intercambio de significados. Procesos de negociación en clases de Física del nivel secundario. Tesis doctoral, para acceder al grado de Doctor en Ciencias de la Educación, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE), Universidad Nacional de La Plata. Bajo la dirección de la Dra. María Silvia Stipcich y la codirección de la Dra. Ana Gabriela Dumrauf.
- DUARTE, M. y REZENDE, F. (2008). Construção discursiva na interação colaborativa de estudantes com um sistema hipermídia de Biomecânica Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 7(2).

E

- ECO, U., (1990). *Semiótica y filosofía del lenguaje*, Editorial Lumen, Barcelona.
- ECO, U. (1986). La Estructura Ausente. Introducción a la Semiótica. 3ra. ed. Barcelona: Lumen.

- ECO, U. 1985 Tratado de semiótica general. Lumen, Barcelona
- EDWARDS, D. & MERCER, N. (1988). El conocimiento compartido: el desarrollo de la comprensión en el aula. Madrid: Paidós. [Publicación original en inglés en 1987]
- EDWARDS, D. & MERCER, N. (1990). Reconstructing Context: the conventionalization of classroom knowledge. *Discourse Processes*, 12, 91-104.
- ENGEL, A. (2008), Construcción de conocimiento en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje. La interrelación entre los procesos de colaboración entre alumnos y los procesos de ayuda y guía del profesor. Tesis doctoral presentada al Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación de la Universidad de Barcelona, dirigida por el Dr. Javier Onrubia.
- ENGESTRÖM, Y., (2001). Los estudios evolutivos del trabajo como punto de referencia de la teoría de la actividad: el caso de la práctica médica de la asistencia básica, en Chaiklin, S. Y Lave, J. (Comps.): Estudiar las prácticas. Perspectivas sobre actividad y contexto. Amorrortu Editores, Buenos Aires-Madrid. 78-118.
- Engeström, Y. (1999) Innovative learning in work teams: Analysing cycles of knowledge creation In practice In Engeström, Y.; Miettinen, R. & Punamäki, R.L. (Ed), Perspectives on Activity Theory. Cambridge: Cambridge University Press.
- ENGESTRÖM, Y. (1992). Activity theory and individual and social transformation. En Engeström, Y.; Miettinen, R. & Punamäki, R.; Perspectives on Activity Theory Cambridge: University Press. [Links]
- ENGESTRÖM, Y. (1987). Learning by expanding. An activity-theoretical approach to developmental research. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- ESQUEMBRE, F. (2005), Creación de simulaciones interactivas en Java. Aplicaciones a la enseñanza de la Física, Pearson Educación S.A., Madrid.

F

- FOUCAULT, M., (1970). L'ordre du discours (1970) /El orden del discurso, discurso inaugural en el Collège de France.
- FOUCAULT, M. (1969). *La arqueología del saber*. Siglo XXI editores, México.
- FURIÓ, C. y GUISASOLA, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basado en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 319-334.
- FURIÓ, C. y GUISASOLA, J. (1998). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y de universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 131-146.

G

- GALLARDO, M., y CUBERO, R., (2005). Construcción del conocimiento y discurso educativo. Una aproximación al estudio del discurso de profesores y alumnos en la universidad. En Avances en Psicología Latinoamericana, 23, 141-153.
- GALLARDO, JAIME TELLO, (2006). Estudio sobre el aporte efectivo del software modellus durante el desarrollo de la metodología de modelamiento mental de hestenes, para el aprendizaje de la física. Tesis para optar al grado de Magíster en Educación, con mención en Informática Educativa.
- GARCÍA CABRERO, B., MÁRQUEZ, L., BUSTOS, A., MIRANDA, G. A. y ESPÍNDOLA, S. (2008). Análisis de los patrones de interacción y construcción del conocimiento en ambientes de aprendizaje en línea: una estrategia metodológica. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10(1). Recuperado desde: <http://redie.uabc.mx/vol10no1/contenido-bustos.html> el día 20 de diciembre de 2013.

- GARCÍA BARNETO, A. y GIL MARTÍN, M. R., (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. En Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, V 5(2).
- GARRISON, D. R. y ANDERSON, T. (2005). El e-learning en el siglo XXI. Investigación y práctica. Barcelona: Octaedro.
- GIBSON, J. (1979). The Ecological Approach to Visual Perception. Boston: Houghton Mifflin.
- GIERE, R. (1992). La explicación de la Ciencia. Un acercamiento cognoscitivo. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- GODINO, J., ROA, R., RECIO, A. M., RUIZ, F. y PAREJA, J. L. (2006). “Análisis didáctico de un proceso de estudio de la ley empírica de los grandes números”. Versión ampliada y revisada de la Ponencia Invitada al 7th International Conference on Teaching Statistics (ICOTS 7). Disponible en http://www.ugr.es/~jgodino/funciones-semioticas/ley_grandes_numeros.pdf
- GODINO, J. D., Recio, A. M., Roa, R., Ruiz, F., y Pareja, J. L., (2005). Criterios de diseño y evaluación de situaciones didácticas basadas en el uso de medios informáticos para el estudio de las matemáticas. Noveno Simposio de la Sociedad Española de Educación Matemática SEIEM.
- GODINO, J. D., WILHELMI M. R. y BENCOMO, D. (2005). Suitability criteria for a mathematical instruction process. A teaching experience with the function notion. Mediterranean Journal for Research in Mathematics Education, 4.2: 1–26.
- GROS, B. (2004). (coord.) Pantallas, juegos y educación. La alfabetización digital en la escuela. Bilbao: Desclée de Brouwer S. A.
- GUIASOLA, J. (1996). Análisis crítico de la enseñanza de la electrostática en el bachillerato y propuesta alternativa de orientación constructivista. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco.
- GUNAWARDENA, C. N., & ZITTLE, F. J. (1997). Social presence as a predictor of satisfaction with a computer - mediated conferencing environment. American Journal of Distance Education, 11, 8 – 26.

H

- HALLOUN, I. (2006), Modeling Theory in science education, Springer, Netherlands.
- HEIDEGGER, M. (1962). Being and Time. SCM Press, London.
- HENDERSON, H., KYNG, M. (1991). There's no place like home: continuing design in use. In: Greenbaum, J., Kyng, M. (Eds.), Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems, Laurence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp. 219–240.
- HENNESSY, S., WISHART, J., WHITELOCK, D., DEANEY, R., BRAWN, R., LA VELLE, L., MCFARLANE, A., RUTHVEN, K., WINTERBOTTOM, M., (2007), Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching, Computers & Education, 48(1), pp. 137-152.
- HENRI, F. (1992). Computer conferencing and content analysis. In A. R. Kaye (Ed.), Collaborative learning Through Computer Conferencing: The Najdeen Papers, pp. 117-136. Berlin: Springer-Verlag.
- HOWE, C. Y TOLMIE, A. (1998) Computer Support for Learning in Collaborative Contexts: Prompted Hypothesis Testing in Physics, Computers Educ. (30, 3/4), pp. 223-235.
- HUTCHINS, E., 1995. Cognition in the Wild. Cambridge, MA.: MIT Press.

J

- JOHSUA, S. Y DUPIN, J. (2005), Introducción a la Didáctica de las Ciencias y la Matemática. Buenos Aires: Ediciones Colihue.

- JONASSEN, D. (2000), "El diseño de entornos constructivistas de Aprendizaje", en C. Reigeluth (ed.), Diseño de la Instrucción. Teorías y modelos, Aula XXI Santillana, Madrid.
- JONASSEN, D. H., & CARR, C. S. (2000). Mindtools: Affording multiple knowledge representations for learning. Computers as cognitive tools, volume two: no more walls: theory change, paradigm shifts, and their influence on the use of computers for instructional purposes, 165.
- JONASSEN, D. H. Y ROHRER MURPHY, L., (1999). "Activity Theory as a frame work for designing costructivist learning environments", ETR&D 47(1), 61-79.
- JONASSEN, D.H., CARR, C., & YUEH, H.P. (1998). Computers as Mindtools for engaging learners in Critical Thinking. Tech Trends, 43 (2), 24-32. Recuperado el 8 de octubre de 2007 desde: [http://www.siu.edu/education/techready/5_Software_Tutorials/5_AncillaryPages/Mindttools.pdf](http://www.siu.edu/education/techready/5_Software_Tutorials/5_AncillaryPages/Mindtools.pdf)
- JUSTI, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. Enseñanza de las Ciencias, 24(2), 173-184.

K

- KANUKA, H. & ANDERSON, T. (1998). Online Social Interchange, Discord, and Knowledge Construction. Journal of Distance Education, 13(1), pp. 57-74.
- KAPTELININ, V. (2003). Discussion. Learning with artefacts: integrating technologies into activities. En Interacting with computer 15, pp. 831-836.
- KAPTELININ, V. and Kuutti, K., 1999. Cognitive tools reconsidered from augmentation to mediation. In: Marsh, J.P., Gorayska, J.P., Mey, J.L. (Eds.), Human Interfaces, Questions of Method and Practice in Cognitive Technology, Elsevier, Amsterdam, pp. 145–160
- KAPTELININ, V., 1996a. Computer mediated activity: functional organs and developmental contexts. In: Nardi, B.A., (Ed.), Context and Consciousness: Activity Theory and Human Computer Interaction, MIT Press, Cambridge, pp. 45 –68.
- KAPTELININ, V., 1996b. Distribution of Cognition between Minds and Artifacts: Augmentation or Mediation? AI and Society 10, 15–25.
- KAPTELININ, V. (1996c). Activity Theory: Implications for Human-Computer Interaction. En Nardi, B. (Ed.) Activity Theory and Human-Computer Interaction. MIT, Boston, pp. 17-38.
- KAUFMAN, M. y FUMAGALLI, L. (comp.) (1999). Enseñar ciencias naturales. Reflexiones y propuestas didácticas. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- KOSCHMANN, T. (Ed.). (1996). CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- KOZULIN, A. (1990). Psychology; History; Soviet Union; Vygotski, L. S.; (Lev Semenovich). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- KUUTTI, K, (1996). Activity Theory as a Potential Framework for Human-Computer-Interaction Research. In Nardi, B. (Eds.), Context and Consciousness. Activity Theory and Human-Computer Interaction. London: MIT Press.

L

- LAJOIE, S. P. (1993). Computer environments as cognitive tools for enhancing learning. In S. P. Lajoie & S. J. Derry (Eds), *Computers as cognitive tools* (pp. 261-288). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- LAVE, J. (2001). La práctica del aprendizaje, en Chaiklin, S. Y Lave, J. (Comps.): Estudiar las prácticas. Perspectivas sobre actividad y contexto. Amorrortu Editores, Buenos Aires-Madrid.
- LAVE, J. (1991). La cognición en la práctica. Barcelona: Paidós.

- LAVE, J., WENGER, E. (1991). Aprendizaje situado. Participación periférica legítima. New York: Cambridge University Press. Traducido al castellano, Miguel Espíndola y Carlos Alfaro.
- LEE, K., NICOLL, G. y BROOKS, D. (2004) A comparison of inquiry and worked example web-based instruction using physlets. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 81-88.
- LEONTIEV, A. N., (1978), "Activity, Consciousness and personality", Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- LEONTIEV, A. N., (1981). Problems of the Development of Mind. Moscow: Progress.
- LICKLIDER, J.C.R. (1960). "Man-Computer Symbiosis". En: *Transactions on Human Factors in Electronics*, V HFE-1, pp. 4-11.
- LÉVY, P. (1992). *Le tecnologie dell'intelligenza*. Boloña: Synergon.
- LION, C., (2006), Imaginar con tecnología. Buenos Aires: Editorial Stella y La crujía Ediciones.
- LIPPONEN, L., HAKKARAINEN, K., & PAAVOLA, S. (2004). Practices and orientations of CSCL. In P. Dillenbourg (Series Ed.) & J. W. Strijbos, P. A.
- LIPPONEN, N., (2002). Exploring foundations for computer-supported collaborative learning. En Proceeding of the Conference on Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community, pp. 72-81. International Society of the Learning Sciences.
- LIPPONEN, L. (2002), Exploring foundations for computer-supported collaborative learning. Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning 2002 (2002), pp. 72-81, <http://newmedia.colorado.edu/cscl/31.pdf>
- LLANCAQUEO, A., CABALLERO, M.A., MOREIRA, M. A. (2003). El concepto de campo en el aprendizaje de la física y en la investigación en educación en ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 227-253.

M

- MAGARIÑOS DE MORENTIN, I. (2008). La semiótica de los bordes. Apuntes de metodología semiótica.
- (2007). Archivo de semiótica. Manual de estudios semióticos. Recuperado el 25 de septiembre de 2007 desde: <http://www.magarinos.com.ar/ManualSemioticians-1999-2007.pdf>
 - (2004). Los 4 Signos. Diseño de las Operaciones Fundamentales en Metodología Semiótica. Razón y Palabra, 38. Recuperado el 25-9-2007 de <http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n38/jmagarinos.html>
 - (2002). ¿Qué conocimientos garantiza la semiótica? En *Los fundamentos lógicos de la Semiótica y su práctica*. Recuperado em abril de 2008 desde: <http://www.centro-de-semiotica.com.ar/Fundamentos.html>
 - (2001). La(s) semiótica(s) de la imagen visual en Cuad. Fac. Humanid. Cienc. Soc., Univ. Nac. Jujuy, V(17), San Salvador de Jujuy. Consultado online de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1668-81042001000200016&script=sci_arttext, el 13 de agosto de 2010.
 - (1983). El signo. Segunda parte: Charles Sanders Peirce: sus aportes a la problemática actual de la semiótica. Recuperado el 22-9-2007 de <http://www.archivo-semiotica.com.ar/Elsigno.html>
 - La arqueología del saber: resumen y notas. Consultado online en: <http://www.centro-de-semiotica.com.ar/Foucault-comentarios.htm> el 13 de agosto de 2010.
- MANOVICH, L., (2012). How to Follow Software Users. Recuperado el 15 de julio de 2013 desde: <http://www.manovich.net/articles.php>

- (2001). The language of New Media. Cambridge (MA): MIT Press. (ed. cast: El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital, Barcelona, Paidós, 2005).
- MARAFIOTI, R. S. (2004). Charles S. Perice: El éxtasis de los signos. Bs. As.: Ed. Biblio.
- MARTÍN QUERO, J. y SOLBES, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en Física. *Investigación Didáctica, Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 393-403.
- MCINNERNEY, J. M.Y ROBERTS, T., (2004-b). Collaborative or Cooperative Learning?. En Roberts, T. (Ed.), *Online Collaborative Learning: Theory and Practice*. Hershey-USA: Information Science Publishing, p. 203-214.
- (2004-a). Online Learning: Social Interaction and the Creation of a Sense of Community. *Educational Technology & Society*, 7 (3), 73-81.
- MCLUHAN, M., and FIORE, Q. WITH AGEL, J. (1967). *The Medium is the Massage: An Inventory of Effects*. New York: Random House.
- MELO, A. M. y BARANAUSKAS, M. C. (2003). Design with children: a Semiotic approach. Proceeding CLIHC '03, Latin American conference on Human-computer interaction, pp. 69-78. ACM New York.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN, Presidencia de la Nación. (2011a). Nuevas voces, nuevos escenarios: Estudios evaluativos sobre el Programa Conectar Igualdad. Recuperado el 20 de diciembre de 2013 desde:
<http://repositorio.educacion.gov.ar:8080/dspace/bitstream/item/96909/Investigacion%20PCI.pdf?sequence=1>
- (2011-b), *Educación y tecnologías: las voces de los expertos / compilado por Silvina Gvirtz y Constanza Necuzzi*. - 1a ed. - CABA: ANSES.
- MIRANDA, A., SANTOS, G. y STIPCICH, S. (2010). Algunas características de investigaciones que estudian la integración de las TIC en la clase de Ciencia. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 12(2). Consultado el 15 de mayo de 2011 en: <http://redie.uabc.mx/vol12no2/contenido-mirandasantos.htm>
- MIRANDA, A. (2010). Los significados en el contexto de interacción con simulaciones en el aula, en *Tecnología Educativa y conceptualización en Física*, (Eds: G. Santos y S. Stipcich), ISBN: 978-950-658-232-6, pp. 165-174. Tandil: UNICEN.
- MIRANDA, A. Y SANTOS, G. (2008). Aportes para la integración curricular de la informática en las clases de ciencias: el uso de applets en la enseñanza de la Física. En memorias del 1º Congreso Internacional de Didácticas Específicas. Debate sobre las relaciones entre las Didácticas Específicas y la producción de materiales curriculares. ISBN 878-987-23259-6-1. Organizado por la Universidad Nacional de San Martín, Escuela de Humanidades, Centro de Estudios en Didácticas Específicas. Buenos Aires, junio de 2008.
- MORTIMER, E. F., MASSICAME, T.; BUTY, C. y TIBERGHIEN, A. (2007). Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. In NARDI, R., *A pesquisa em ensino de ciência no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras.
- MORTIMER, E. y SCOTT P. (2003). *Meaning making in Secondary Science Classrooms*, Open University Press.

N

- NARDI, BONNIE, A. (1996), *Activity Theory and Human-Computer Interaction*, The MIT Press, London, England.
- NELSON, THEODOR HOLM (1989). The right way to think about software design, En Laurel, Brenda (comp.). *The art of Human-computer interface design*. Addison-Wesley.
- Norman, D. A., 1991. Cognitive Artefacts. In Carroll, J. M., (Ed.), *Designing Interaction-Psychology of Human Computer Interface*. Cambridge University Press.
- MORMAN. D. A. (1988). *The Design of Everyday Things*. New York: Currency and Doubleday.

O

- ONRUBIA, J., COLOMINA, R. y ENGEL, A. (2008), Los entornos virtuales de aprendizaje basados en el trabajo en grupo y el aprendizaje colaborativo. En COLL, C. y MONEREO, C. (Eds.) (2008a), Psicología de la Educación virtual, Ediciones Morata.
- ONRUBIA, J. (2004), Dimensiones para el análisis de la influencia educativa en entornos de enseñanza y aprendizaje basados en Tecnologías de la Información y la Comunicación. Conferencia presentada en el IV Congreso Internacional de Psicología y Educación. Almería, España. <http://www.ub.edu/gritie>. [Consulta: 03/03/10]
- (1997) Enseñar: crear zonas de desarrollo próximo e intervenir en ellas, COLL y otros. El constructivismo en el aula. Barcelona: Graó.
- ORIHUELA, J. L. (2003). La Comunicación: Nuevos Discursos y Perspectivas. V Foro de Investigación Europea en Comunicación, Madrid, 24-26 de noviembre. Recuperado el 20 de diciembre de 2013 desde: <http://blog.pucp.edu.pe/media/avatar/84.pdf>
- ÖZMEN, H., (2008), The influence of computer-assisted instruction on student' conceptual understanding of chemical bonding and attitude toward chemistry: A case for Turkey, Computers & Education, 51(1), pp. 423-438.

P

- PAAVOLA, S., LIPPONEN, L. & HAKKARAINEN, K. (2002). Epistemological Foundations for CSCL: A Comparison of Three Models of Innovative Knowledge Communities. In Stahl, G. (Ed.), Proceedings of CSCL, (pp 24- 32).
- PAULSEN, M.F. (1995), "Moderating Educational Computer Conferences" in Berge, Z. L. and Collins, M. P. (editors), Computer Mediated Communication and the On-line Classroom in Distance Education, Cresskill, NJ: Hampton Press pps.81-90.
- PEA, R. D. (1993). Distributed intelligence. Manuscrito inédito, Northwestern University, Evanston, IL.
- PEIRCE, Charles Sanders, 1867, *Sobre la clasificación natural de los argumentos*, Traducción castellana de Pilar Castrillo (1988), en <http://www.unav.es/gep/Peirce-esp.htm>, UN, 27 de junio 2006, Última actualización: 27 de junio 2006
- PEIRCE, Charles S. (1965/1931) Collected Papers of Charles Sanders Peirce. Volume I: Principles of Philosophy / Volume II: Elements of Logic / Volume V: Pragmatism and Pragmaticism / Volume VI: Scientific Metaphysics / Volume VII: Science and Philosophy / Volume VIII: Reviews, Correspondence, and Bibliography. Cambridge: Harvard University Press
- PIAGET, J. (1973). Seis estudios de psicología. Barcelona: Barral Editores.
-1970. Genetic Epistemology, Columbia University Press, New York.
- PISCITELLI, A. (1998). Post-televisión. Buenos Aires: Paidós.
- PULFER, D. (2011). Charla "Nuestro Freire 2.0". Recuperado el 20 de diciembre de 2013 desde: <http://portal.educ.ar/debates/sociedad/cultura-digital/dario-pulfer-charla-nuestro-fr.php>

R

- RABARDEL, P., WAERN, Y., (2003). Editorial. From artefact to instrument. En Interacting with computer 15 (2003), pp. 641-645.
- RABARDEL, P. y BOURMAUD, G. (2003). From artefact to instrument. En Interacting with computer, 15, pp. 665-69.
- RABARDEL, P. (2002). *Les hommes et les technologies. une approche cognitive des instruments contemporains*. Recuperado en Junio de 2013 desde: <http://ergoserv.psy.univ-paris8.fr/Site/Groupes/Modele/Articles/Public/ART372105503765426783.PDF>

- (1995). Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains. Paris : Armand Colin.
 - (1991). Activity with a training robot and formation of knowledge. Journal of artificial Intelligence in Education, 3-14.
- RASSMUSSEN, J., 1997. Merging paradigms: decision making, management, and cognitive control. In Flin, R., Salas, E., Strub, M., martin, L., (Eds., ds.), *Decision Making Under Stress. Emerging Themes and Applications*, Ashgate.
- RIEBER, L., TZENG, S. y TRIBBLE, K. (2004) Discovery learning, representation, and explanation within a computer-based simulation: finding the right mix. *Learning and Instruction* 14, 307- 323.
- RÍOS, S. L., VEIT, E. A., ARAUJO, I. S., (2011). Modelación computacional apoyada en el uso del diagrama V de Gowin para el aprendizaje de conceptos de dinámica newtoniana. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 202-226.
- RIVIERE, A. (1988), La Psicología de Vigotsky. Aprendizaje Visor, Madrid, España.
- RESNICK, L. (1987). Learning in school and out. *Educational Researcher*, 16(9), pp. 3-21.
- ROCHERA, M.J., (2008). Procesos de enseñanza y aprendizaje con TIC. Implicaciones para el diseño y la investigación desde una perspectiva socio-constructivista. Ponencia presentada en el Máster en Intervención Psicopedagógica. Universidad de Granada. Granada: 3 y 4 de abril. Accesible en
- RODRÍGUEZ ILLERA, J. L., (2004). El aprendizaje virtual: Enseñar y aprender en la era digital, Ediciones HomoSapiens, Rosario, Argentina.

S

- SABINO, C., (1996). El proceso de investigación. Lumen Buenos Aires.
- SÄLJÖ, R., WYNDHAMN, J., (2001). Resolución de problemas cotidianos en un ambiente formal: un estudio empírico de la escuela como contexto para el pensamiento, en Chaiklin, S. Y Lave, J. (Comps.): Estudiar las prácticas. Perspectivas sobre actividad y contexto. Buenos Aires-Madrid: Amorrortu Editores.
- SALOMON, G. (1993), Cogniciones distribuidas. Buenos Aires: Amorrortu editores.
- SÁNCHEZ, E., GARCÍA, J. R., ROSALES, J., DESIXTE, R. y CASTELLANO, N., (2008). Elementos para analizar la interacción entre estudiantes y profesores: ¿qué ocurre cuando se consideran diferentes dimensiones y diferentes unidades de análisis? En monográfico: El análisis de la interacción alumno-profesor: líneas de investigación. *Revista de Educación*, 346, Mayo-agosto 2008, pp. 105-136.
- SÁNCHEZ, S. (2004). Estudios sobre la argumentación. Tucumán: Ediciones Magna.
- SANTOS; G. y MIRANDA, A. (2013). Interacciones en procesos educativos con tecnología. Algunas consideraciones para TVDi. Memorias de las I Jornadas de Aplicaciones y Usabilidad de la Televisión Digital Interactiva, jAUTI 2012. La Plata, Argentina: Facultad de Informática, UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/25926>
- SCARDAMALIA, M. & BEREITER, C. (1991). Higher levels of agency for children in knowledge building: a challenge for the design of new knowledge media. *The Journal of the Learning Sciences*, 1(1), 37-68.
- SCHELLENS, T., & VALCKE, M. (2005). Collaborative learning in asynchronous discussion groups: What about the impact on cognitive processing? *Computers in Human Behavior*, 21, 957-975.
- SCOLARI, C., (2009). The sense of the interface: applying Semiotics to HCI research”, *Semiotica*, Vol. 177, pp. 1 – 27.
- (2008). *Hipermediaciones. Elementos para una teoría de la Comunicación Digital Interactiva*. Editorial Gedisa, Barcelona.
 - (2008b) “El sentido de las interfaces. Una aproximación semiótica a las webs de los museos de arte”. En Mateos, S. (ed.) *La comunicación global del patrimonio cultural*. Madrid: Trea

- (2007). "Limitations in "Digital Taylorism": Applying Semiotics to Human-Computer Interaction Research" Paper presented at the annual meeting of the International Communication Association. TBA, San Francisco. Recuperado desde: http://citation.allacademic.com/meta/p168947_index.html
- SCOLARI, C., (2004), Hacer Clic: Hacia una sociosemiótica de las interacciones digitales, Ed. Gedisa, Barcelona – España.
- (2003), "La Sintaxis interactiva. Aportes de la Semiótica a una Teoría de la Interacción Social", Razón Palabra, n. 35., México. Consultado online el 26 de septiembre de 2007, <http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n35/cscolari.html>
- SIMON, H. (1973). Las Ciencias de lo Artificial. A.T.E.
- SOLBES, J. y MARTÍN QUERO, J., (1991). Análisis de la introducción del concepto de campo. Revista Española de Física, 5(3), 34-40.
- STAHL, G., KOSCHMANN, T., & SUTHERS, D. (2006). Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. In R. K. Sawyer (Ed.), Cambridge handbook of the learning sciences (pp. 409-426). Cambridge, UK: Cambridge University Press. Recuperado el 20 de diciembre de 2013 desde: http://GerryStahl.net/cscl/CSCL_English.pdf o http://www.gerrystahl.net/cscl/cscl_spanish.htm
- STAHL, G. (2006). Group Cognition: Computer Support for Collaborative Knowledge Building. Cambridge, MA: MIT Press.
- STAKE, R. E. (2007), Investigación con estudio de casos, Ediciones Morata, Madrid-España.
- SUÁREZ GUERRERO, c. (2004). La zona de desarrollo próximo, categoría pedagógica para el análisis de la interacción en contextos de virtualidad. Pixel BIT. Revista de medios y Educación, (024), 5-10.
- SUCHMAN; L. & TRIGG, R. (1991). Understanding practice: Video as a médium for reflectionand design. In J. Greenbaum and M. Kymg, eds, Design at Work: Cooperative Design of Computer System. Hillsdale, NJ: Lawrence Esibaum.
- SUCHMAN, L. (1987). Plans and Situated Actions. Cambridge: Cambridge University Press.
- SUN, KOUN-TEM, LIN, YUAN-CHENG, YU, CHIA-JUI, (2008), A study on learning effect among different learning styles in a Web-based lab of science for elementary school students, Computers & Education, 50(4), pp. 1411-1422.
- SUTHERS, D. & MEDINA, R. (2010). The temporal Development of Representational Practices: Implications for Theory and Analysis of Situated Learning. Proceedings of the 43rd. Hawaii International Conference on System Sciences. Consultado online mayo de 2010.

T

- TEDESCO, J. C., BURBULES, N. C., BRUNNER, J. J., MARTÍN, E., HEPP, P., MORRISSEY, J., DURO, E., MAGADÁN, C., LUGO, M.T., KELLY, V., AGUERRONDO, I., (2008). *Las TIC: del aula a la agenda política. Ponencias del Seminario Internacional Cómo las TIC transforman las escuelas*. Argentina: Unicef. Recuperado el 20 de diciembre de 2013
- TEODORO, VITOR DUARTE; VIEIRA, J.P., & CLÉRIGO, F. C. (1997). Modellus, interactive modeling with mathematics. San Mateo, CA: Knowledge Revolution.
- TREY L., KHAN, S., (2008), How science students can learn about unobservable phenomena using computer-based analogies, Computers & Education, 51(2), pp. 519-529.
- TU, CHIH-HSIUNG and CORRY M. (2002), Electronic Research in Online Learning Community, Journal of Instructional Science and Technology, 5(1).

V

- van BRUGGEN, J. M., KIRSCHNER, P. A., JOCHEMS, W., (2002). "External representation of argumentation in CSCL and the management of cognitive load", *Learning & Instruction*, 12, 121-138.
- VANEGAS, Y. M., GIMENEZ, J., FONT, V. (2009). An integrative analysis of scientific classroom interactions. International Congress of Science Education, 10 Years of the Journal of Science Education. Cartagena, Colombia, 15-18 de julio.
- VELAZCO, S., SALINAS, J., (2001). Comprensión de los Conceptos de Campo, Energía y Potencial Eléctricos y Magnéticos en Estudiantes Universitarios. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol 23, nro. 3, setiembre de 2001. Pág. 308-318.
- VELDHUIS-DIERMANSE, A. E. (2002). Cslearning? Participation, learning activities and knowledge construction in computer-supported collaborative learning in higher education. Wageningen: Grafisch Service Centrum Van Gils.
- VICENTE, K.J., 1999. Cognitive Work Analysis: Toward Safe Productive and Healthy Computer-based Works, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ
- VIENNOT, L. y RAINSON, S., (1999). Design and evaluation of a research-based teaching sequence: the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education*, 21(1), 1-16.
- (1992). Student's reasoning about the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education*, 14(4), 475-487.
- VIGOTSKY L. S., (1992). Pensamiento y Lenguaje: Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas. Buenos Aires: La Pléyade.
- (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica (ed. 2000)

W

- WAINMAIER, C. SPELTINI, C., SALINAS, J. (2011). Conceptos y relaciones entre conceptos de la mecánica newtoniana en estudiantes que ingresan a la universidad. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 133-152.
- WEISS, J. M., ANDRADE NETO, A. S., (2006). Uma investigação a respeito da utilização de simulações computacionais no ensino de eletrostática. *Experiências em Ensino de Ciências*, 1(1), 43-54.
- WENGER, E. (2001). Comunidades de práctica. Aprendizaje, significado e identidad. Editorial Paidós, Buenos Aires.
- WERTSCH, J.V. (1999). *La mente en acción*. Buenos Aires: Aique. [Publicación original en inglés en 1988].
- (1988). *Vigotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós. [Publicación original en inglés en 1985].
- (1979). From Social interaction to Higher Psychological Processes. A Clarification and Application of Vigotsky's Theory. *Human Development*, 22, 1-22.
- WICHMANN, A., GOTTDENKER, J., JONASSEN, D. Y MILRAD, M. (2003) Developing a Framework for Conceptual Change within Scientific Inquiry. Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies- ICALT'03, Computer Society.
- WINograd, T., y FLORES, C.F., 1986. Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design, Ablex, Norwood, NJ.
- WINograd, T. (1997). From Computing Machinery to Interaction Design. En Peter Denning y Robert Metcalfe (comps.), *Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing*. Verlag: Springer, p. 149.
- Wood, D., Bruner, J.S. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89-100.

Z

ZECCHETTO, V., (Coord.) (2005), Seis semiólogos en busca del lector. Saussure/Peirce/Barthes/Greimas/Eco/Verón. Buenos Aires: La Crujía ediciones.

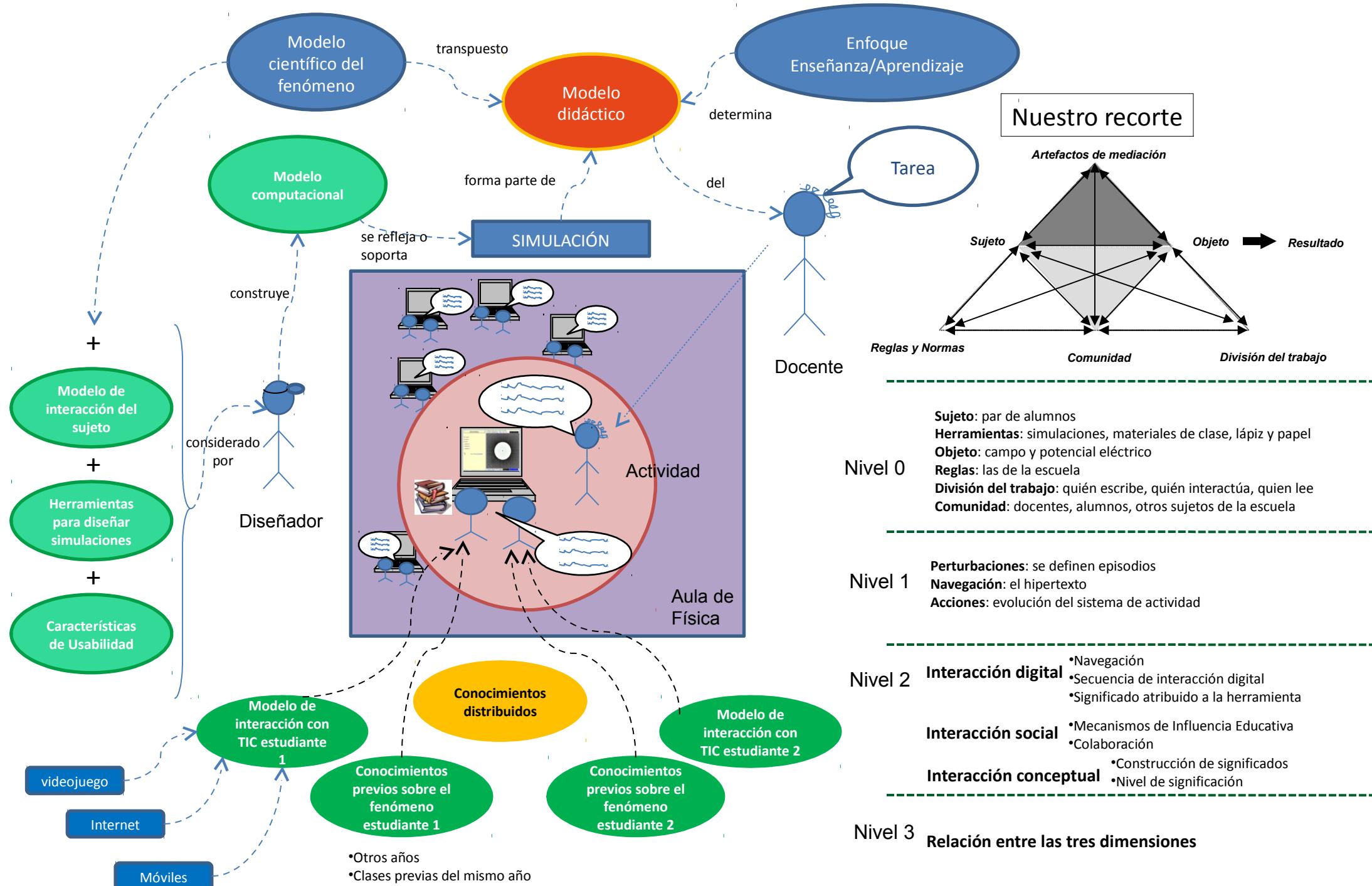
CAPÍTULO 9

Anexos

ANEXO I

Sistema de actividad: AULA DE CIENCIAS CON SIMULACIONES

Enfoque disciplinar, pedagógico y tecnológico



Anexo II.

Protocolo de entrevista para docentes de física de secundaria.

Entrevista informal a docentes de física de nivel medio en colegios de la ciudad de Tandil.

DATOS GENERALES

Edad:

Nivel de formación:

Años de experiencia docente:

Género:

Año de secundario en el que se desempeña:

HERRAMIENTAS INTERACTIVAS DE MODELADO (SIMULACIONES O APPLETS)

Un applet es un programa pequeño que permite al alumno interactuar con simulaciones informáticas a través de un espacio de interacción que recrea una determinada situación.

1) ¿Cuáles son, a tu juicio, las características que debería tener un applet para que colabore con la enseñanza de la Física? Ventajas y desventajas (facilidades y obstáculos) de su utilización.

2) Utilizas o has utilizado herramientas de modelado o simulaciones (applets) durante el desarrollo de tus clases.

En caso de ser afirmativa: cuáles ha utilizado y de qué manera. Menciona algunos ejemplos.

En caso de ser negativa: ¿cuáles crees que fueron los motivos por los cuales esto no ha sido posible?

Anexo III.

Acciones en pantalla

Código en la transcripción	Descripción
<Nombre de objeto>	Indica el clic sobre un objeto. El objeto puede ser un campo editable, un campo no editable o un control interno o externo a la simulación. Por ejemplo los controles internos <Pausa>, <Play> y los controles para el manejo de ventanas, el accionar sobre las barras de tarea o de desplazamiento.
<Nombre de campo> (valor)	Indica el ingreso de un valor en el campo identificado anteriormente.
<ENTER>	Indica la acción sobre la tecla ENTER para confirmar el ingreso de datos en un campo editable.
--> Objeto	Indica el señalamiento sobre el objeto. El objeto puede ser un control, un campo editable o un objeto dinámico (partícula cargada, vectores de campo, etc.)
Carga -->	Indica que se ha tomado una carga y se la desplaza por la pantalla. (Es el único objeto que puede desplazarse)

Anexo IV.

Categorías de Acción

Acción	Valores	Código	Descripción de la categoría e indicadores.
Explorar	<i>Funcionalidad de la Herramienta.</i>	EFH	<p>Exploran el entorno para conocer la funcionalidad de la herramienta.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ mueven las barras, ▪ descubren controles, ▪ reconocen un nuevo objeto en la interfaz, ▪ recorren los nodos de información, ▪ recorren las simulaciones aleatoriamente, ▪ ingresan valores en los campos editables, ▪ toman y desplazan los objetos. ▪ prueban secuencias de interacción, (accionan controles)
	<i>Simulación del Fenómeno</i>	ESF	<p>Exploran la simulación para comprender el fenómeno que se estudia.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Visitan los nodos de Comentarios para determinar el rango de los valores de los parámetros. ▪ Ingresan valor de parámetro con un determinado criterio (en relación a lo que se les propone en comentarios o a la relación que creen pueden tener estos datos), ▪ mueven las cargas para ver qué ocurre con las flechas que se dibujan, ▪ prueban secuencia de interacción para ejecutar la simulación. ▪ redefinen parámetros para probar hipótesis ▪ Corroboran hipótesis en relación al funcionamiento de la herramienta.
	<i>Contenido Escolar.</i>	ECE	<p>Exploran el conocimiento escolar a partir del fenómeno simulado.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ingresan valores de parámetros buscando un resultado para responder a las preguntas. ▪ Corroboran hipótesis en relación al conocimiento. ▪ Elaboran juicios (afirmaciones), en relación al conocimiento, según como interpretan lo que la simulación está representando.
Gestionar la actividad	<i>En relación con la tarea.</i>	GAT	<p>Gestionan la actividad en relación a cómo proceder con la tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dialogan sobre dónde responder a las preguntas. ▪ Determinan que algo no se puede hacer en relación al contenido (carga de prueba negativa) ▪ Leen el enunciado de la tarea y las preguntas. ▪ Proponen anotar algo para no olvidarse. ▪ Leen el material de clase. ▪ Consultan el cuaderno de tareas. ▪ Revisan actividades previas.
	<i>En relación con la Herramienta</i>	GAH	<p>Gestionan la actividad en relación a cómo interactuar con la simulación.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Proponen el ingreso de un determinado valor. ▪ Proponen ejecutar/accionar un control. ▪ Acuerdan qué valor de parámetro ingresar.
	<i>En relación con la producción de la Tarea.</i>	GAP	<p>Realizan acciones para concretar la producción escrita que se les solicitará.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboran el texto con las respuestas a las preguntas guías. ▪ Leen lo que escriben ▪ Dialogan sobre cómo o qué contestar

Acción	Valores	Código	Descripción de la categoría e indicadores.
<i>Identificar Obstáculos</i>	<i>En relación con el Procesamiento de Datos</i>	OPD	<p>Manifiestan una dificultad en relación al Procesamiento de los Datos que ingresan.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocen que la simulación retorna al estado establecido por defecto, mientras lo esperado es que conserve un estado anterior en la navegación. ▪ reniegan de la necesidad de hacer ENTER cada vez que ingresan un valor. ▪ Identifican un problema con el hardware. Por ej. la memoria de la computadora (“va lento porque no tiene memoria”)
	<i>En relación con la Representación del Conocimiento</i>	ORC	<p>Manifiestan la presencia de Obstáculos en relación con la Representación del Conocimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Descubren algo que la simulación no está considerando (visualización). ▪ No comprenden algo que ven por ej. POT o valores que cambian solos (Campo y Potencial). ▪ No pueden ver lo que ven otros.
	<i>En relación con la Producción de la Tarea</i>	ORT	<p>Manifiestan la presencia de Obstáculos en relación con la producción escrita.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consideran que ya han respondido a la pregunta que están leyendo con anterioridad.
	<i>Con relación a la comprensión de la Funcionalidad de la Herramienta</i>	OFH	<p>Identifican o manifiestan problemas de comunicabilidad con la Interfaz.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ No comprenden ingreso y lectura de parámetros. ▪ No comprenden la funcionalidad de un control (Paso, Reiniciar, Leer, etc.) ▪ No comprenden la secuencia de interacción (controles) para ejecutar la simulación.
<i>Superar obstáculo</i>	<i>En relación con la Funcionalidad de la Herramienta</i>	SOF	<p>Los alumnos superan obstáculos relacionados con la Funcionalidad de la Herramienta.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocen error en el ingreso de parámetros (funcionalidad) ▪ Identifican o reconoce campo no editable (funcionalidad) ▪ Reconocen una secuencia de interacción (funcionalidad) Por ej. la funcionalidad de la tecla Leer.

Anexo V.

Narrativas digitales en todos los casos

Se presentan a continuación las narrativas digitales que se construyeron en cada caso. Para cada uno se muestra la duración en el tiempo, la cantidad de turnos de habla en los que se identifican acciones en pantalla, el tipo de navegación que experimentan, y la cantidad de etapas en las que se puede estudiar el proceso. Estas etapas se asocian a determinados objetivos que se buscan alcanzar e incluyen los diferentes estados por los que transita el sistema interactivo durante la actividad.

Narrativa digital Caso 2

En este caso, el proceso interactivo se desarrolla en 79' y está representado por 725 turnos de habla, de los cuales 150 son turnos en los que se realizan acciones en pantalla. El proceso para este caso se vio interrumpido en dos oportunidades por problemas del sistema que ocasionaron el cierre de la aplicación.

La navegación establecida es de **Tipo B (apartado 5.1.2)** definida por un recorrido lineal en el que la cantidad de nodos visitados se ve incrementada por reiteradas visitas a los nodos complementarios.

El proceso interactivo se puede analizar, desde la dimensión de interacción digital, en cinco etapas que coinciden con el cambio de escenario, determinadas por un recorrido que sigue el siguiente orden: **S1, S2, S1, S2, S3**. La segunda visita a **S1** coincide con el momento en que deciden comenzar a realizar la tarea propuesta.

- El primer tramo, que tiene una duración de 9', se desarrolla fundamentalmente en la **S1** aunque al inicio presenta un recorrido exploratorio por **S2** y **S3**. Durante la interacción con **S1**, en el 4', se visualiza el campo eléctrico con ayuda del docente quien indica la secuencia de inicialización de los valores de los parámetros. En el tiempo que transcurre el proceso en este escenario se pueden identificar cinco estados posibles del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno simulado **[(990,0); (-990,50); (-990,990); (990,990); (-990,990)]**. En este tramo se intenta asignar un valor negativo a la carga Qp lo que determina que se ejecute el diálogo que menciona que la carga de prueba no puede ser negativa. También se reconoce la presencia de campos numéricos no

editables como el valor del campo en la posición de Qp y se señalan con el mouse las “líneas de flechas” tratando de comprender su forma.

- El siguiente tramo de interacción se desarrolla en la **S2** y tiene una duración de 8'. Se identifican sin mayores dificultades los comportamientos asociados a los distintos objetos de interacción. Cuando la visualización no se corresponde con lo esperado se reconoce de inmediato que no se han inicializado los nuevos valores ingresados. La manipulación directa de las cargas es reemplazada en este período por la utilización del comando *Marcha* que permite visualizar la acción a distancia que ejercen las cargas en el espacio. El movimiento brusco que en algunos casos realizan las cargas hace que se utilice mayormente el comando *Paso* que permite ver lo que ocurre en cada instante de tiempo. En este tramo del proceso se pueden identificar siete estados del sistema que indican una visualización apropiada del fenómeno **[(130,50); (-130,50); (-130,50); (-130, 50); (-130, 50); (-130, 550); (-330, 50)]**, de los cuales cuatro son repeticiones que se ejecutan a partir de reiniciar la simulación para llevar cargas a su posición inicial. El objetivo que se persigue en este tramo es comprender el movimiento que experimenta la carga Qg y para ello se prueba con distintos valores.
- El siguiente tramo, que vuelve a desarrollarse en **S1** y tiene una duración de 28', está dedicado a la búsqueda de límites para los valores de los parámetros. Se prueban valores muy grandes para ambas cargas y también diferencias importantes entre los valores de ambas cargas. Se establece que cuando la diferencia entre los valores de las cargas es muy grande se visualiza sólo el campo que genera la más grande. Se habla de la distancia entre las cargas como una limitación determinada por el espacio de visualización. Los estados del sistema que determinan visualizaciones apropiadas en este período son: **[(1100, 1100); (-1100, 1100); (999999999, 0000001111111111); (0, 0); (-10000000000, 100000000); (-10000000...20...0, 100000000); (-0, 100000000); (0, 0); (-1,1); (-10, 10); (1000, 1000); (-1000, 1000); (10000, 100000); (1000, 100); (-1000, 100); (-1000, 100); (150, 150)]**.
- La siguiente etapa de interacción digital transcurre en la **S2**, tiene una duración de 8', y se ve interrumpida por la detención inesperada de la aplicación.
- La última etapa del proceso interactivo se desarrolla en la **S3** con una duración de 18'. El primer intento en este escenario considera el ingreso de valores a los parámetros y luego el accionar sobre el comando *Paso* aunque rápidamente y a continuación se acciona Leer para inicializar seguido de Play. Luego se estudia la secuencia hasta que se advierte que la visualización del potencial y el campo eléctrico se configuran a no visibles cada vez que se acciona Leer. Esto significa que la inicialización desactiva las casillas de verificación cuya función es habilitar o deshabilitar la vista de la representación del campo y el

potencial eléctrico. Luego la asignación de valores no adecuados a los parámetros determina que no pueda visualizarse el potencial ocación en la que se utiliza el comando *Leer* para reiniciar el sistema. De esta manera se asocia tal situación a la no lectura de los nuevos valores ingresados. Más adelante se vuelven a ingresar otros valores que si permiten la representación en el espacio de visualización. Para este Caso no se hace evidente que la representación del potencial no puede resolverse para algunos valores como ocurre en otros de los casos analizados. Esto no representa un conflicto en este caso. Los estados del sistema que determinan visualizaciones apropiadas en este período son diez [(150, 150); (-150, 150); (-150, 150); (-150, 150); (-1000, 1000); (-1000, 1000); (0, 0); (-100, 100); (100, 100); (-100, 100)] de los cuales sólo el par (-1000, 1000) no pueden ser representado. La manipulación directa de las cargas sólo es considerada en una oportunidad en este período y se explica la lentitud del refresco de pantalla cuando esto ocurre.

A modo de síntesis, podemos decir que este par de estudiantes pudo comprender rápidamente la **funcionalidad** de la herramienta con la ayuda del docente. Mostraron un **modo de trabajo** en el escenario de interacción ordenado y su **estrategia de interacción** se basó en probar con pares de valores para las cargas muy grandes en principio, con el objetivo de probar límites en los parámetros y en la representación. Se prueban valores de igual o diferente valor absoluto y signos iguales y opuestos. Se identifican 39 estados posibles del sistema.

Narrativa digital Caso 3

En este caso, el proceso interactivo se desarrolla en **64'** y está representado por **676** turnos de habla, de los cuales **153** son turnos en los que se realizan acciones en pantalla.

La navegación establecida es de **Tipo D (apartado 5.1.2)**, definida por un recorrido en secuencia que considera como cantidad de nodos para cada secuencia la cantidad de simulaciones que se recorren a su vez de forma lineal. Quedando la cantidad de secuencias determinadas por la cantidad de preguntas que guían la tarea.

El proceso interactivo se puede analizar en las cuatro etapas que coinciden con las veces en que repite la secuencia, determinada por un recorrido lineal por las tres simulaciones [(**S1, S1, S1, S2, S3**); (**S1, S2, S3**); (**S1, S2, S3**); (**S1, S2, S3**)].

- El primer tramo, que tiene una duración de 17', considera un recorrido exploratorio por los tres escenarios. Al comienzo de la secuencia, en el escenario determinado por S1, se visitan los nodos “Comentarios” y “Electrostática” y se reconoce la presencia de un campo

numérico no editable (valor del campo en la posición de Qp). Aproximadamente en el minuto 7' se descubre el comando *Reset* que permite completar la sintaxis que determina el inicio de la simulación y la visualización apropiada del campo eléctrico. También se comprueba la posibilidad de manipulación directa de las cargas en el área de visualización. En este escenario se pueden identificar seis estados posibles del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno simulado [(1000, 100); (-1000, 100); (-1000, 900); (-1, 1); (-10, 100); (1000, 1000)]. Luego en **S2** se identifica el comando *Inicio* y se comprueba que posee la misma funcionalidad que *Reset* en **S1**. Se utiliza sin dificultad el comando *Marcha* que pone en movimiento las cargas y el comando *Paso*. También en este escenario se intenta asignar un valor negativo para la carga de prueba ocasionando que se ejecute el diálogo que informa que debe considerarse un valor positivo. En este escenario se establecen tres estados del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno [(110, 200); (1000, 1000); (-1000, 1000)]. El último tramo que completa la secuencia para esta primera etapa se desarrolla en **S3**. En este escenario se utiliza una secuencia incompleta para el ingreso de valores a los parámetros y esto ocasiona que las reiteradas acciones tanto sobre los comandos para manejar la simulación como la activación y desactivación de las casillas de visualización del campo y el potencial no ocasionen ningún cambio. Una vez que se advierte la falta de confirmación de los valores de los parámetros se consigue leerlos utilizando el comando *Leer*. La sintaxis que permite una visualización apropiada se construye de una manera poco consciente determinando que sólo en una oportunidad se visualicen tanto el campo como el potencial para los valores (1000, 100) de cargas. Se advierte que la activación de la casilla que muestra el potencial ocasiona que el movimiento de las cargas sea más lento. Esta observación se realiza para los valores (-1000, 1000) situación en la que se visualiza el campo eléctrico pero no se puede observar en el área de representación las líneas de potencial por tratarse de valores que determinan anillos de mayor diámetro.

- La segunda etapa del proceso, que se desarrolla en 11', considera un recorrido por las tres simulaciones y tiene como finalidad responder a las preguntas que se proponen en la tarea: *¿Cuáles son los parámetros que se pueden manejar? ¿Qué representan? ¿En qué unidades se expresan?* En **S1** se reconoce la existencia de la casilla de verificación para la visualización del campo eléctrico y de su estado activo al reiniciar los valores de los parámetros. Se determina a partir de la consulta al nodo *Comentarios* que la unidad de medida en la que se expresan las cargas es el electrón. En este escenario se puede identificar un estado del sistema que determina una visualización apropiada del fenómeno [(1000, 1000)]. En el período que transcurre en **S2** se reconoce como campo no editable el valor de la distancia entre las cargas y se asocia la velocidad de desplazamiento de las cargas con la magnitud ingresada. En este escenario se identifica un estado de

visualización apropiada [(10, 150)]. La última parte de este tramo del proceso se desarrolla en **S3** y comienza con el reconocimiento del visor que muestra el potencial en la posición de Qp. El primer intento por completar la sintaxis para iniciar la simulación determina una secuencia que les posibilita reconocer que el comando Leer además de posicionar las cargas en lugar establecido por defecto y de considerar los valores de los parámetros redefine el valor de la distancia entre las cargas y del campo eléctrico en la posición de Qp. Esta situación define un estado posible del sistema que representa a [(1000, 1000)] para el que se visualiza primero el campo eléctrico y luego el potencial. A continuación se modifican los parámetros en cinco oportunidades más pero no se consigue una sintaxis que permita la visualización apropiada que los considere.

La búsqueda de los parámetros que pueden manejarse determina, en este tramo del proceso, que se descubran algunos objetos de la interfaz que antes no habían sido considerados.

Este grupo no recibe ayuda del docente que le permita trabajar adecuadamente con esta simulación.

- El siguiente tramo del proceso interactivo, que completa nuevamente el recorrido lineal por los escenarios, tiene una duración de 9'. En esta instancia la visita a **S1** es muy breve. La sintaxis de interacción es utilizada correctamente lo que permite identificar un posible estado de visualización del fenómeno simulado [(120, 1000)], con el objeto de responder a la nueva pregunta (*¿Qué representa la simulación? Da detalles de lo que observas*). Lo mismo ocurre en el paso por **S2** aunque en este escenario sólo se busca revisar las diferencias con **S1** para poder responder y no se determina ningún estado de visualización para el fenómeno. El proceso interactivo continúa con la visita a **S3** y comienza con una sintaxis que considera el ingreso de parámetros pero no la lectura de los nuevos valores, lo que determina que las distintas acciones que se realizan a continuación no ocasionen ningún cambio en la visualización. Este estado es asociado con los valores que se han asignado a las cargas por lo que se vuelven a cambiar y luego se acciona Leer. Es en esta instancia que se comprueba que el comando Leer reinicia la simulación con los nuevos valores. Se identifica así un estado del sistema que determina una visualización apropiada del fenómeno simulado [(-1000), (500)]. El último tramo de esta etapa considera las posibles visualizaciones de campo y/o potencial lo que les permite inferir que la visualización del potencial hace que el movimiento de las cargas sea más lento que cuando sólo se visualiza el campo eléctrico.
- El último período del proceso interactivo tiene una duración de 27' y transcurre mayormente en **S3** escenario que es visitado en última instancia. El paso por **S1**, al igual que en la etapa anterior sólo considera el ingreso de un juego de parámetros para

responder a la pregunta y determina un estado de visualización apropiada del fenómeno simulado [(540, 480)]. En el paso por el escenario que determina **S2** también se utiliza de manera correcta la sintaxis tanto para el ingreso de valores a los parámetros como para la ejecución de la simulación y la visualización apropiada del fenómeno, identificándose el siguiente estado del sistema [(440, 980)]. En esta etapa se vuelve a utilizar la manipulación directa de las cargas y se reconoce la diferencia en el diámetro de los puntos que representan a las cargas. Se determina que la carga que es representada por el punto de menor diámetro es la de prueba (Qp) y tiene mayor aceleración por ser más chica. Se asocia el rebote con las paredes con la presencia de otras cargas que las atraen o repelen. También se asocia el desplazamiento retrasado de las cargas al ser tomadas con el mouse con la posible lentitud del programa (capacidad de procesamiento de la simulación o de la computadora). El último paso por la simulación **S3** comienza con un nuevo intento por comprender la representación del potencial. Luego de algunas pruebas se utiliza una sintaxis correcta que permite la visualización apropiada del fenómeno para los valores [(-1000, 1000)]. Esto determina que se pueda visualizar el campo eléctrico pero no el potencial. Una de las limitaciones que ofrece esta simulación es que no pueden visualizarse las líneas de potencial cuando la carga que se asigna es cercana o mayor a 1000 e, debido a que el diámetro de los círculos que las determinan es mayor que el tamaño del área de representación. Esta situación se asocia con el tipo de valores que se han asignando a los parámetros por lo que se prueban otros valores que van variando en magnitud para ambas cargas. La sintaxis que se utiliza determina que hasta este punto puedan identificarse tres posibles estados del sistema de los cuales sólo el ultimo determina una visualización apropiada del fenómeno [(-10, 100); (-1000, 100); ((-1000, 1)]. En este último caso el potencial tampoco se ve representado.

Más adelante se ejecutan distintas secuencias de interacción hasta que se logra construir una sintaxis que permite la visualización del potencial pero esta no representa los últimos valores ingresados. En otras oportunidades se pueden leer los valores correctamente pero olvidan marcar las casillas de verificación para ver el campo o el potencial eléctrico. La no comprensión de la sintaxis adecuada determina que el proceso en este caso transite todo el tiempo por las dos situaciones antes planteadas. En el 51' se realiza una consulta al docente que explica la sintaxis correcta para poder visualizar el potencial y dialogan sobre la relación entre las magnitudes de las cargas pero este no es escuchado.

En el último tramo del proceso se identifican diferentes estados posibles del sistema [(-1, 500); (0,500), (0,0); (1000, 0); (1000, 500); (1000, 5500); (-10, 5500); (-1000, 55); (-55, 55); (-25, 50)], de los cuales sólo los dos últimos determinan visualizaciones apropiadas del fenómeno.

La no comprensión de la funcionalidad de la herramienta para este caso se convirtió en un obstáculo para explorar el fenómeno.

Este par de estudiantes reconoce tempranamente la **funcionalidad** de la herramienta y la manipulación directa, aunque de un modo poco consciente que les impide visualizar, en algunos casos, el estado apropiado del sistema. En principio no reciben ayuda del docente. Muestra un **modo de trabajo** en el escenario de interacción ordenado en secuencias y su **estrategia de interacción** se basó en recorrer la secuencia de simulaciones para contestar a las preguntas. No se realizan grandes variaciones en las magnitudes de los parámetros. Se identifican 29 estados posibles del sistema.

Finalmente, en el último tramo de la actividad, consultan al docente para poder visualizar el potencial eléctrico.

La no comprensión consciente de la sintaxis de interacción para lograr una visualización apropiada se convierte en un obstáculo para explorar el fenómeno en este caso. Sin embargo, es el caso que más característica interactivas descubre del artefacto.

Narrativa digital Caso 4

En este caso, el proceso interactivo se desarrolla en **44'** y está representado por **343** turnos de habla, de los cuales **80** son turnos en los que se realizan acciones en pantalla.

Como se muestra en el **apartado 5.1.2** la navegación establecida es de **Tipo A**, definida por un recorrido lineal en el que la cantidad de nodos visitados se corresponde con la cantidad de simulaciones propuestas. El proceso interactivo se puede analizar en las tres etapas que coinciden claramente con el cambio de escenario antes mencionado, determinadas por un recorrido que sigue un orden natural por las tres simulaciones (**S1, S2, S3**).

- c) La primera etapa del proceso se desarrolla en **S1** y tiene una duración de **27'**. En el primer tramo de este período, de carácter exploratorio, se recorren los distintos nodos complementarios y se reconocen los distintos elementos de la interfaz. Luego, en el minuto **9'**, la lectura de la pregunta que propone modificar los parámetros determina que se descubra la posibilidad de variar los valores de las cargas. Se identifican cuatro estados posibles de visualización del fenómeno a partir de esto **[(1.2, 5.8); (1.2, 0.8); (0.2, 0.8); (5.2, 20.5)]**. En este tramo se intenta modificar el valor que se que representa la distancia entre las cargas reconociendo que se trata de un campo no editable. Se manipula el cursor

para comprender la información que se muestra en un visor de color amarillo que aparece en forma emergente en el extremo inferior izquierdo de la pantalla. Se relaciona tal información con la posición de las cargas y su variación con la dirección y el sentido de los vectores que representan al campo. Hacen referencia a las líneas de campo señalando las flechas. El tramo siguiente en este escenario está determinado por sucesivas modificaciones a los valores de las cargas para establecer la relación entre éste valor y la cantidad de vectores que se van visualizando (Hablan de que los vectores se van abriendo). Los estados del sistema que determinan una visualización del fenómeno son **[(30, 20.5); (20, 20); (0.5, 0.5); (20,0.5); (30, 0.5); (40, 0.5); (50, 0.5); (70, 0.5); (70, 50); (-5, 50); (-50, 50); (-70, 50); (70, 50); (200, 50)]**. Reconocen que la distancia se puede variar si se manipulan las cargas, es decir la reconocen como una variable dependiente.

- El segundo tramo del proceso interactivo se desarrolla en **S2** y tiene una duración de 7'. Se identifican, sin mayores dificultades, los comportamientos asociados a los distintos objetos de interacción y se definen dos estados del sistema que determinan visualizaciones apropiadas del fenómeno **[(50, 25); (-50, 25)]**. Se observa el desplazamiento de las cargas y se utiliza el comando Paso que ocasiona la detención de la aplicación.
- El último tramo del proceso interactivo se desarrolla en el escenario determinado por **S3** y tiene una duración de 10'. También se identifican, sin mayores dificultades, los comportamientos asociados a los distintos objetos de interacción. Se visualizan sin dificultad el campo y el potencial eléctrico para los siguientes juegos de valores **[(50, 25); (-50, 25); (50, 25); (-50, 25); (-500, 25)]**. La variación del signo en la carga Qg para los primeros cuatro juegos de valores permite corroborar que la variación en el gradiente del color se relaciona con el signo de la carga. El último valor asignado a la carga Qg determina una amplitud para el primer círculo que no puede ser visualizado en el área de representación, situación que no es advertida en este caso.

Este par de estudiantes pudo comprender rápidamente la **funcionalidad** de la herramienta aunque no consultan al docente. Mostraron un **modo de trabajo** en el escenario de interacción ordenado y limitado a una sola visita a cada simulación. Su **estrategia de interacción** se basó en probar con pares de valores reales para las cargas muy pequeños con el objetivo comprender la representación vectorial del campo eléctrico, ver el desplazamiento de las cargas y utilizar los mismos valores en todas las simulaciones. Se identifican 25 estados posibles del sistema.

En este caso, el proceso interactivo se desarrolla en 63' y está representado por 683 turnos de habla, de los cuales 135 son turnos en los que se realizan acciones en pantalla.

Como se muestra en el **apartado 5.1.2** la navegación establecida es de **Tipo A**, definida por un recorrido lineal en el que la cantidad de nodos visitados se corresponde con la cantidad de simulaciones propuestas. El proceso interactivo se puede analizar en cuatro etapas determinadas por un primer período de carácter exploratorio por **S1** y **S2** para pasar luego a un recorrido que sigue un orden natural por las tres simulaciones (**S1, S2, S3**).

- d) La primera etapa del proceso, de carácter exploratorio, se desarrolla en **S1** y **S2** y tiene una duración de 9'. En este tramo se recorren los distintos nodos complementarios con el objeto de encontrar las instrucciones sobre cómo proceder, cuáles son los valores que se deben asignar a las cargas y se reconocen los distintos elementos de la interfaz. Una de las acciones que más se utiliza en este caso, y que es incorporada a la sintaxis, es el desplazamiento de la barra de scroll requerido en todos los escenarios debido a la configuración de las barras de herramientas del navegador.

Se ensayan en este tramo del proceso interactivo algunos valores para los parámetros pero no se observa ningún cambio en la visualización debido a que aún no se ha ingresado en forma correcta la sintaxis. También se intentan modificar el valor que representa el campo eléctrico en la posición de Qp. y se reconoce como campo no editable.

- e) El siguiente período en el que se puede describir el proceso interactivo se desarrolla en **S1** y tiene una duración de 27'. La intervención docente determina que se comprenda la sintaxis de interacción en este escenario y en el 12' se logra la primera visualización del campo eléctrico. Los sucesivos cambios en los valores de los parámetros determinan dieciocho estados del sistema que proponen una visualización apropiada del fenómeno simulado [(20, 10); (-20, 10); (-16, 92); (16, 92); (116, 92); (116, 192); (200, 200); (1216, 200); (1216, 2200); (5216, 5200); (1, 5200); (1, 2); (300, 256215); (20, 10); (.2023, 2510); (2023, 2510); (-2023, 2510); (2023, 2510)]. Los primeros cuatro cambios se encuentran relacionados con la variación del signo de la carga generadora para comprender el sentido de las flechas que representan al campo y la intensidad. Luego comienza una etapa en la que se van aumentando los valores de las cargas para comprender la relación entre ellos y la representación vectorial del campo. Encuentran que la representación no varía demasiado si se asignan valores mucho más grandes a las cargas. Un tramo más adelante el objetivo es determinar cuál es el punto que representa a cada una de las cargas asignando valores no proporcionales por ejemplo el par (1, 5200). Se comprueba que la representación es la misma si se compara por ejemplo con (300, 256215). En el último

tramo de este período se corroboran todas las observaciones realizadas en este escenario y se prueba el ingreso de una carga de prueba negativa.

- El siguiente tramo del proceso interactivo se desarrolla en **S2** y tiene una duración de 3'. Se identifican sin mayores dificultades los comportamientos asociados a los distintos objetos de interacción y se definen dos estados del sistema que determinan visualizaciones apropiadas del fenómeno **[(300, 400); (-5300, 3400)]**. Se observa el desplazamiento de las cargas y se relaciona el movimiento que estas experimentan con los límites que imponen las paredes, haciendo referencia al espacio de visualización. Se utilizan el comando Marcha y Pausa en distintas oportunidades con el fin de comprender el desplazamiento.

El último tramo del proceso interactivo se desarrolla en el escenario determinado por **S3** y tiene una duración de 24'. También se identifican sin mayores dificultades los comportamientos asociados a los distintos objetos de interacción. Se identifican, en este período, once estados del sistema que determinan visualizaciones apropiadas del fenómeno **[(569, 787); (-569, 787); (2569, 787); (569, 787); (6569, 787); (1000, 787); (455, 787); (1055, 787); (1255, 787); (1255, 1787)]**. Los primeros cuatro juegos de valores que se prueban permiten determinar que el potencial no se puede visualizar para algunas magnitudes. Lo asocian con la limitación que presenta el espacio de visualización y reconocen que no se puede representar. También advierten que para valores muy altos de Qg la carga de prueba no se desplaza por el espacio.

Este par de estudiantes pudo comprender rápidamente la **funcionalidad** de la herramienta con la ayuda del docente. Mostraron un **modo de trabajo** en el escenario de interacción ordenado que considera un recorrido en el orden natural por las tres simulaciones, luego de un primer recorrido exploratorio. Su **estrategia de interacción** se basó en probar con pares de valores de diferente magnitud y de diferente valor absoluto para ambas cargas con el objeto de comprender el sentido de las flechas que representan al campo y la intensidad y reconocer cuál de las dos partículas representa a la carga generadora. Finalmente en el escenario S3 se varían las magnitudes de las cargas para lograr visualizar el potencial. Se identifican 31 estados del sistema en este caso.

Narrativa digital Caso 6

En este caso, el proceso interactivo se desarrolla en **42'** y está representado por **565** turnos de habla, de los cuales **112** son turnos en los que se realizan acciones en pantalla.

Como se muestra en el **apartado 5.1.2** la navegación establecida es de **Tipo C**, definida por un recorrido secuencial en el que se repiten determinadas secuencias aleatorias con el objeto de corroborar hipótesis que pueden relacionarse con el contenido o con la tarea. El proceso interactivo para este caso puede estudiarse analizando cada secuencia. También se identifican 4 etapas exploratorias que son descriptas según el momento en que ocurren.

- La primera etapa del proceso, de carácter exploratorio, se desarrolla en **S2** y **S3** y tiene una duración de 3'. En este tramo se recorren los distintos nodos complementarios con el objeto de encontrar las instrucciones sobre cómo proceder y se recorren en forma aleatoria las tres simulaciones. Se detienen en **S2** donde determinan que para comenzar a ver algo deben darle valores a los parámetros.
- El siguiente tramo interactivo considera las secuencia **S2 – S3** y se desarrolla en 2'. En **S2** se identifican los parámetros y se observa que se encuentran en cero. La sintaxis para el ingreso de parámetros no es completada en este momento, situación que ocasiona que las cargas no se muevan al accionar el comando *Marcha*. Se considera que esta puede ser la simulación que “no tiene movimiento”. Se determina un estado del sistema que no define una situación de visualización apropiada del fenómeno **[(45,45)]**. Luego se visita **S3** en donde vuelve a repetirse la situación antes descripta. La falta de confirmación en el ingreso de los valores a los parámetros hace que el accionar sobre el comando *Marcha* no ocasione ningún cambio en la visualización. Se determinan tres estados del sistema que no definen una situación de visualización apropiada del fenómeno **[(12,12); (12, 32); (12, 15)]**. En este escenario ocurre la primera manipulación directa de las cargas con el objeto de ver qué ocurre si se acercan.
- A continuación se desarrolla una nueva etapa exploratoria que considera idas y vueltas en estos dos escenarios trabajados sin encontrar el rumbo en la tarea. Esta etapa tiene una duración de 20".
- El siguiente tramo del proceso interactivo considera la secuencia **S2 - S3 – S1** y tiene una duración de 6'. En el escenario **S2**, se considera el ingreso de nuevos valores a los parámetros aunque no se completa la sintaxis y no se evidencian cambios en la visualización. A partir de la intervención del docente se conoce la sintaxis para el ingreso de parámetros y se logra la primera visualización del campo y las cargas en movimiento. En **S3** se confirman los valores antes ingresados y se logra también visualizar el campo. Por último en **S1** se confirman los valores ingresados previamente y se visualiza el campo y el potencial eléctrico. (PRIMERAS VISUALIZACIONES)
- La próxima etapa del proceso interactivo tiene una duración de 4' y considera la secuencia **S1-S3-S2-S1-S3**. El objetivo de esta etapa de interacción es probar con valores de Qg

negativos en todos los escenarios. En el primer y segundo caso las acciones se limitan a cambiar el valor de la carga generadora Qg. Se observa el cambio en el sentido de las flechas y la atracción que manifiestan al ponerse en movimiento. Se identifican los siguientes estados del sistema que determinan una visualización del fenómeno respectivamente $\{(-12, 15), (-12, 15)\}$. En el escenario **S2** se considera la asignación de un valor negativo también a la carga de prueba lo que determina que se visualice el mensaje que advierte que esto no está permitido. En este escenario también se asocia el movimiento “lento” de las cargas con el valor que se ha asignado a cada una de ellas. Se identifican dos estados del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno $\{(-12, 15); (-30, 15)\}$. El retorno a **S1** considera la activación de la visualización del potencial y la desactivación del campo eléctrico. Por último se vuelve a **S3** con el objetivo de aumentar el valor de la carga generadora. Se identifica el siguiente estado del sistema que determina una visualización apropiada $\{(-500, 15)\}$. No se visualiza ni el campo ni el potencial.

- La siguiente etapa considera la secuencia **S1-S2-S3** y tiene una duración de 3'. El grupo busca lograr la visualización del campo para valores de cargas más altos. Se identifican en esta etapa cinco estados del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno $\{(1000, 1000)\}$ en **S1**, $\{(1000), (1000); (-1000), (1000)\}$ en **S2** y $\{(-1, 1); (-1000, 1000)\}$ en **S3**.
- A continuación se desarrolla un período exploratorio que considera un recorrido por los diferentes elementos que aparecen en la barra de tareas y tiene una duración de 3'.
- La siguiente etapa recorre la secuencia **S3-S1-S2** con una duración de 6' y tiene como objetivo buscar las limitaciones que puedan presentar las simulaciones. Se busca identificar en cuál de los escenarios no puede visualizarse el potencial. Se determina como limitación el no poder observar que las cargas se junten cuando tienen signo contrario. Se identifican cuatro estados del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno: $\{(-1000, 1000)\}$ en **S3**, $\{(1000, 1000)\}$ en **S1** y $\{(-1000, 1000); (-2, 1000); (-7, 1000)\}$. Los últimos dos juegos de valores generan situaciones en las que se puede observar como las cargas se juntan al atraerse.
- Un nuevo tramo exploratorio considera el cierre de todas las aplicaciones por un error en el sistema y la posterior apertura de las simulaciones. Este tramo tiene una duración de 2'.
- El siguiente período en el que se puede describir el proceso interactivo se desarrolla en 2' y considera la secuencia **S3-S1-S2**. El objetivo de este último tramo interactivo es volver a crear la situación previa en la que las cargas se juntaban. Se identifican 5 estados del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno $\{(-1000, 7)\}$ en **S3**, $\{(-$

100, 7] en **S1** y **[-1000, 7); (-7, 1000]** en **S2**. El primer juego de valores que se utiliza en **S2** determina que las cargas realicen un comportamiento no esperado. Se atraen pero luego se distancian.

- La última etapa, de carácter exploratorio, tiene una duración de 7' y considera un recorrido por todas las aplicaciones que se encuentran abiertas, se maximizan y minimizan las diferentes ventanas. Se procede finalmente al cierre de todas las aplicaciones.

Este par de estudiantes pudo comprender la **funcionalidad** de la herramienta con la ayuda del docente luego de transcurrido la mitad del tiempo que dura la actividad. La primera etapa de carácter exploratorio no posibilitó ninguna visualización del sistema.

Mostraron un **modo de trabajo** en el escenario de interacción aleatorio que alterna etapas de exploración con etapas interactivas en las que se logran escasas visualizaciones del sistema para valores de cargas pequeños y negativos para la carga generadora, repitiendo el mismo par de valores en todos los escenarios. En la última etapa se busca encontrar el par de valores que permitan visualizar el encuentro entre las dos cargas cuando se atraen. Se identifican 17 estados posibles del sistema en este caso.

Narrativa digital Caso 7

En este caso, el proceso interactivo se desarrolla en 55' y está representado por 663 turnos de habla, de los cuales 119 son turnos en los que se realizan acciones en pantalla.

Como se muestra en el **apartado 5.1.2** la navegación establecida es de **Tipo C**, definida por un recorrido secuencial en el que se repiten determinadas secuencias aleatorias con el objeto de corroborar hipótesis que pueden relacionarse con el contenido o con la tarea. El proceso interactivo para este caso puede estudiarse analizando cada secuencia.

- La primera etapa del proceso, de carácter exploratorio, se desarrolla principalmente en **S2** y **S3** y tiene una duración de 10'. En este tramo se recorren los diferentes escenarios con el objetivo de comprender el funcionamiento de las simulaciones. Se utiliza la manipulación directa de las cargas, se establece que la distancia varía según el desplazamiento que se haga y se determina que no es un parámetro que pueda definirse. También se comprueba en esta etapa que el comando Inicio en **S2** y **S3** vuelve las cargas a una posición preestablecida. Establecen las diferencias que pueden observarse en la interfaz de las tres simulaciones y lo que permite visualizar cada una de ellas. Hacia el final de la etapa y

durante la visita a **S1** descubren que puede modificarse el valor de las cargas. Este período termina con la intervención del docente que explica la sintaxis de interacción para el ingreso de parámetros y advierte sobre los posibles mensajes de error que pueden aparecer en la edición de los campos en donde se ingresa el valor de las cargas.

- El próximo tramo del proceso interactivo recorre la secuencia **S3 – S1** y tiene una duración de 4'. En el escenario **S3** se asignan valores a las cargas y se visualiza por primera vez la representación vectorial del campo eléctrico identificándose el siguiente estado del sistema **[(5,6)]**. El cambio al escenario **S1** comienza con el ingreso de los mismos valores de cargas que se asignaron en **S3**. La secuencia para el ingreso de parámetros y la visualización del fenómeno no es utilizada correctamente al inicio pero es rápidamente comprendida y se logra visualizar el campo y el potencial eléctrico identificándose dos estados del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno **[(5,6); (5,9)]**. En este período se observan desplazamientos de las cargas que buscan unirlas y se advierten diálogos y señalamientos que intentan explicar el comportamiento de las flechas que representan al campo.
- El siguiente tramo interactivo tiene una duración de 19' y recorre la secuencia **S3 – S1 - S2**. El objetivo en este período es comprender el comportamiento de las cargas. Se buscan modificar los valores de las cargas e interpretar tanto la velocidad como el sentido con el que estas se desplazan. Se explicitan en este tramo algunas hipótesis que relacionan el comportamiento de las cargas con la masa de cada una de ellas. Para comprobar esto se establecen diferentes estados que buscan ir aumentando los valores de las cargas. Hasta llegar a igualar ambos valores. Los estados del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno en **S3** son: **[(8,6); (8, 4); (8,99); (99, 99)]**. El cambio a **S1** busca probar con los mismos valores **[(99, 99)]** y también acá se visualiza el campo y el potencial. Por último se visita **S2** y la prueba con los mismos valores determina que identifiquen las similitudes y diferencias entre los tres escenarios. Se señalan los vectores y se discute sobre la posibilidad de que haya más de un campo en el espacio de visualización. Se desplazan las cargas y se trata de comprender la velocidad con la que estas se desplazan asociándola a la masa que puedan tener. En este escenario se reconoce la posibilidad de explorar el comportamiento de una carga negativa y se intenta asignar este valor a la carga de prueba ocasionando que se ejecute el diálogo que indica que la carga de prueba no puede ser negativa. Esto determina que se modifique luego el signo de la carga generadora (Q_g) y se observe por primera vez (en el 29') cómo las cargas se atraen.
- El último tramo del proceso interactivo tiene una duración de 22'. Al comienzo se vuelven a explorar las simulaciones pasando primero por **S1** para luego dirigirse a **S2** donde se

observa que la que determina el movimiento que experimentan ambas cargas es la generadora por ser la única a la que se puede cambiar el signo. Relacionan el tamaño del punto que las representa con cada una de las cargas. Se identifica que la más grande es la generadora. Luego se pasa al escenario **S3** en donde se asigna valor negativo a Qg para observar el campo y el potencial eléctrico. Los estados por los que transita el sistema en este caso son **[(99, 99); (-99, 99)]**. El último tramo considera un nuevo paso por S1 en donde se reinicia el sistema **[(99, 99)]**, para volver a visualizar el campo y el potencial eléctrico. Por último se retorna nuevamente a **S3** en donde vuelve a cambiarse el valor de Qg determinando que se visualice el siguiente estado del sistema **[(99, 99)]**.

A modo de síntesis, puede decirse que este par de estudiantes pudo comprender rápidamente la **funcionalidad** de la herramienta con la ayuda del docente. Mostraron un **modo de trabajo** en el escenario de interacción aleatorio que considera el paso por las tres simulaciones cada vez. La **estrategia de interacción** se basó en establecer las mismas situaciones en cada uno de los escenarios. En principio se prueba con valores que se van incrementando para interpretar la velocidad y el sentido con el que las cargas se desplazan. Luego se prueba con signo negativo para la carga generadora que determina situaciones de atracción. Finalmente, se asocia el comportamiento del sistema al valor asignado a la carga generadora por ser la única que puede tomar valores negativos. No se establecen situaciones que consideren gran variación en el rango de valores, entonces no se evidencian demasiados conflictos u obstáculos que impidan la interacción. Se identifican en este caso sólo 11 estados posibles del sistema.

Narrativa digital Caso 8

En este caso, el proceso interactivo se desarrolla en **65'** y está representado por **568** turnos de habla, de los cuales **71** son turnos en los que se realizan acciones en pantalla.

Como se muestra en el apartado 5.1.2 la navegación establecida es de **Tipo C**, definida por un recorrido secuencial en el que se repiten determinadas secuencias aleatorias con el objeto de corroborar hipótesis que pueden relacionarse con el contenido o con la tarea. El proceso interactivo para este caso es analizado a partir de la identificación de cuatro etapas que se corresponden con diferentes estados de situación en relación con las posibilidades interactivas que se van construyendo.

- La primera etapa del proceso, de carácter exploratorio, recorre las tres simulaciones y tiene una duración de 11'. En este tramo se recorren los diferentes escenarios con el objetivo de comprender el funcionamiento de las simulaciones para ello se prueban los diferentes controles. Se identifica que la distancia entre las cargas está preestablecida y que en todas las simulaciones es la misma. Se utiliza la manipulación directa de las cargas, se establece que la distancia varía según el desplazamiento que se haga y se determina que no es un parámetro que pueda definirse.
- La próxima etapa, a la que podemos identificar como etapa de prueba, tiene una duración de 12' y comienza con la intervención del docente que les explica el ingreso de parámetros. Esta intervención no alcanza para que completen la sintaxis del ingreso de parámetros. Se recorren todos los escenarios y en cada uno de ellos se ingresan valores a las cargas pero no se confirman. Los campos quedan en modo edición (fondo de color amarillo) y la posterior ejecución de la simulación no considera los nuevos valores. Durante esta etapa vuelve a intentarse la modificación de la distancia (campo no editable) y se consultan otros escenarios para definirla con el mismo valor. Identifican que los comandos Reiniciar o Inicio vuelven las cargas al mismo lugar! (posición preestablecida). Se busca relacionar el valor de la distancia entre las cargas con el valor que se les ha asignado aunque estos aún no han sido leídos! También en este tramo se observa que las partículas tienen diferente diámetro. Se intenta modificar el valor del campo eléctrico (campo no editable)
- El siguiente tramo del proceso interactivo transcurre principalmente en **S3** y tiene una duración de 15'. El docente interviene para explicar nuevamente el ingreso de valores a los parámetros. Se observa por primera vez el comportamiento de las cargas en movimiento, el campo y el potencial eléctrico. Se explicita que cuando ambas tienen el mismo valor se mueven las dos y cuando la de prueba es menor se mueve más. Se relaciona el movimiento con el valor de las cargas. Se prueba valores negativos para Qg y se intenta asignar también un valor negativo a la carga de prueba ocasionando que se ejecute el diálogo que informa que la carga de prueba no puede ser negativa. Se identifican en este período seis estados del sistema que determinan una visualización apropiada del fenómeno [(99, 99), (12, 11); (40, 11); (-40, 11); (40, 19); (40, 40)]. Las unidades en las que se expresan las cargas son consultadas en el cuaderno y el material de clase para responder a las preguntas. Se prueba en este período tanto casos de atracción como de repulsión.
- La siguiente etapa considera un recorrido por los tres escenarios y tiene una duración de 19'. Se identifica como limitación de la simulación en este período que en el escenario **S2** no se muestra el potencial cuando la carga es negativa. El objetivo en este tramo es

identificar las diferencias que presentan las simulaciones y para ello se definen los siguientes estados: en **S1** [(-99, 99); (-120, 99); 120, 99)], en **S2** [(9,15); (-9, 40)] y en **S3** [(40, 40)].

- El último tramo del proceso interactivo tiene una duración de 8'. Se abre al comienzo de este período el editor de textos Word para elaborar las conclusiones de lo trabajado.

A modo de síntesis, puede decirse que este par de estudiantes recibió ayuda del docente, en la etapa inicial, aunque no pudo comprender la **funcionalidad** de la herramienta en su totalidad. Mostraron un **modo de trabajo** limitado por el escenario de interacción que considera un paso inicial por las tres simulaciones para explorar la funcionalidad, luego un tramo de prueba en el que vuelven a consultar al docente y se sitúan en el escenario S3 para finalmente realizar un recorrido por las tres simulaciones. La **estrategia de interacción** en la última etapa de la actividad se basó en establecer las diferencias que ofrecían las tres simulaciones y se prueban valores tanto negativos como positivos para la carga generadora. No se consideran gran variación en el rango de valores, entonces no se evidencian demasiados conflictos u obstáculos que impidan la interacción. Se identifican en este caso sólo 12 estados posibles del sistema. Es el único caso que consulta el material de clase para comprender las unidades en las que se expresan las cargas.

Anexo VI.

Sintaxis interactiva

Acción	Identificador en la Transcripción	Descripción	Código
Seleccionar la simulación.	<S1> o <S2> o <S3>	Clic para seleccionar la simulación en el menú.	S[Nº] Nº=(1, 2 o 3)
Editar el campo numérico	<VQg>	Clic para editar el campo donde se ingresan los valores de los parámetros. (Qg y Qp)	EC
Ingresar un valor .	(valor)	Escritura del valor del parámetro.	IV
Confirmar el valor.	<Enter>	Accionar la tecla "Enter". Se indica que ha finalizado la edición del campo.	CV
Leer nuevos valores	<Reset> o <Inicio> o <Leer>	Accionar los comandos "Reset", "Inicio", o "Leer" en las diferentes simulaciones. Origina la inicialización de los parámetros a los valores ingresados y la asignación de valores por defecto a aquellas variables que no pueden ser modificadas por el alumno.	LV
Iniciar la simulación.	<Marcha> o <Play>	Accionar el comando que pone en marcha la simulación. "Marcha" en S2, "Play" en S3.	IS
Pausar la simulación.	<Pausa> o <Stop>	Accionar el comando que pausa la ejecución de la simulación. "Pausa" en S2, "Stop" en S3.	PS
Ejecutar un Paso de la Simulación.	<Paso>	Accionar el comando que ejecuta sólo un paso de la simulación. "Paso" en S2 y S3.	EP
Activar la visualización del campo eléctrico.	<CE>	Tildar la casilla de verificación "Campo".	AC
Activar la visualización del potencial.	<POT>	Tildar la casilla de verificación "Potencial".	AP
Desactivar la visualización del campo.	<CE>	Hacer un clic sobre la casilla de verificación "Campo" previamente tildada.	DC
Desactivar la visualización del potencial.	<POT>	Hacer un clic sobre la casilla de verificación "Potencial" previamente tildada.	DP
Manipular las cargas.	Qp --> [dirección] [\nwarrow : alrededor de, \square : centro, \nwarrow : arriba izquierda, \nearrow : arriba derecha, \swarrow : abajo izquierda, \searrow : abajo derecha, \leftarrow : a la izquierda, \rightarrow : a la derecha, \uparrow : arriba, \downarrow : abajo]	Tomar con el mouse una de las cargas y desplazarla por el área de representación.	MC
Otras Operaciones: Navegar, Señalar con el mouse, Seleccionar objetos. Manipular ventanas.	<Barriba>,<Babajo>, --> Qp, --> Qg, --> <VCampo>	Navegación por la pantalla (por ej. la utilización de las barras scrolling). Señalamiento con el mouse de un objeto en la pantalla (por ej. cargas, valor del campo) o selección de un valor pintándolo con el mouse para referirse al él en el discurso (por ej. valor del campo, valor del potencial, valor de la distancia entre las cargas. Cierre o apertura de ventanas.	OA
Navegar por el hipertexto.	<Comentarios> <Eletrostática>	Selección de los diferentes nodos complementarios que conforman el hipertexto.	NH

Anexo VII.

Acciones en pantalla en Caso 1

Se detallan en la **Tabla 30** las acciones en pantalla realizadas por el Caso 1 en los diferentes episodios. Cada una de las líneas de la tabla representa a un turno de habla y muestra el conjunto de acciones que se realizaron en ese turno. La numeración propuesta funciona a modo de referencia pero no se corresponden con turnos de habla. Las líneas que contienen “...” en la columna de acciones indican espacios de tiempo variables que corresponden a un conjunto de más de 10 turnos de habla en los que no se realizan acciones en pantalla. Luego se muestran los valores que se van asignando a los dos parámetros de las simulaciones: a) Valor de carga generadora (Qg) y b) valor de carga de prueba (Qp). Por último, en la columna final se han incluido comentarios de la situación de interacción en ese instante.

Tabla 30: Acciones en pantalla para el Caso 1.

Ep.	Nº	Acciones <u>Caso 1</u>	Categorías de Acción/Operación	Val. Qg	Val. Qp	Comentarios
E0	1	<Comentarios>	NH			El sitio se abre en la página inicial Electroestática y luego visitan el nodo Comentarios.
E1	1	<S1>	SS	0	0	
	2	<VQg> (1000)	EC IV	1000	0	
	3	<VQg> <Comentarios>	EC NH			
	4	<S1> <VQg> (1000)	SS EC IV	1000	0	
	5	<VQg> (5) <Enter>	EC IV CV	5	0	Se edita el campo hasta que desaparece el color rojo.
	6	<VQg>	EC			
	7	Qg -->, Qp -->	MC MC			
	8	Qp -->	MC			
	9	<BArriba>, <BAabajo>	OO OO			
	10				
	11	<Campo>, <Campo>	AC DC			No observan cambios en la pantalla.
	12	...				“Consultan al docente”
	13	<Reset>	LV			Logran ver la representación del campo
	14	<Qg> (-1000) <Enter> <Reset>	EC IV CV LV	-1000	0	
	15	Qp --> Qg, Qg -->, Qp-->	MC MC			

E2	1	<VQp> (500) <Enter> <Reset>	EC IV CV LV	-1000	500	
	2	Qp --> Qg	MC			Desplazan la carga Qp hacia la carga Qg
	3	...				Dialogan con el docente sobre la Qp que genera campo
	4	Qp --> ↗ Qg	MC			Desplaza Qp alrededor de Qg
	5	<Qp>	OO			Intentan cambiar la denominación de Qp
	6	Qg --> ↗ Qp	MC			Desplaza Qg alrededor de Qp
	7	<VQp> (1000) <Enter> <Reset>	EC IV CV LV	-1000	1000	
	8	Qp --> □, Qg --> □	MC MC			Qp hacia el centro y Qg hacia el centro
	9	Qp --> ↗ Qg	MC			
	10	Qg --> ↗	MC			
	11	Qp --> ↗ Qg	MC			
	12	Qg --> ↗	MC			
	13	Qp --> →	MC			
E3	1	--> <CE>	OO			Preguntan al docente qué es?
	2	Qp -->, Qp --> ↗ Qg	MC MC			
E4	1	<Dist>	OO			Intentan cambiar el valor de un campo no editable.
	2	Qp -->, Qg -->	MC MC			
	3	<BArriba>, <BAabajo>	OO OO			
	4	<VCampo>	OO			Seleccionan el valor
	5	<S1>	SS			
	6	<VQg> (10) <Enter> <Reset>	EC IV CV LV	10	0	Utilizan la secuencia correcta para el ingreso del valor
	7	<VQg> (1000) <Enter><Reset>	EC IV CV LV	1000	0	
	8	<Ver/pantalla completa>	OO			
	9	<CerrarVentana>	OO			
	10	<Abre sitio><S1>	OO SS			
E5	1	<VQg> (1000) <Enter>	EC IV CV	1000	0	
	2	...				Validan y responden. Contestan a las preguntas.
	3	<S2>	SS			
E6	1	<VQg> (1000) <Enter>	EC IV CV	1000	0	Buscan <Reset>
	2	<Marcha><Paso><Inicio>	IS DS LV	1000	0	
	3	<Marcha>	IS			
	4	Qp --> -->	MC			
	5	Qp --> ↗ Qg	MC			
	6	<Pausa><Paso><Paso>	DS PS PS			
	7	Qg -->	MC			
	8	<VQp>(10)<Enter><Inicio> Qp --> <CE><CE>	EC IV CV LV MC AC DC	1000	10	
	9	Qp --> ↗ Qg	MC			
	10	<Marcha>	IS			
	11	<Paso><Paso>	EP EP			

	12	<Pausa>, <Paso>, <Paso>, <Paso>, <Paso>	DS EP EP EP EP			
	13	<S3>	SS			Comentan que no observan nada nuevo y deciden ir a ver las S3.
E7	1	<POT><POT><CE>	AP DP AC			
	2	<VQg> (1000) <Enter>	EC IV CV	1000	0	
	3	<VQp> (10) <Enter>	EC IV CV	1000	10	
	4	<Play>	IS			
	5	<Stop><Leer>	DS LV	1000	• 10	
	6	<CE><Leer>	AC LV			
	7	<CE><POT><POT><Play>	AC AP DP IS			
		...				Hablan de algo que visualizan en el borde de la pantalla.
	8	<Stop>	DS			
	9	Qp -->	MC			
	10	<Play>	IS			
	11	<Stop><POT> Qp --> □ Qg --> □	DS DP MC MC			
	12	VQp> (5) <Enter>	EC IV CV	1000	5	No lee el nuevo valor
	13	<Play>	IS			
	14	Qp -->	MC			
	15	<VQp> (1) <Enter> <Leer> <CE> <Play>	EC IV CV LV AC IS	1000	1	Utilizan secuencia de interacción completa.
E8	1	<S2>	SS			
	2	--> Qp	OA			Preguntan por la acción de Qp sobre Qg
	3	Qg -->	MC			
	4	<VQg>(1000)<Enter><V Qp>(0,1)	EC IV CV EC IV	1000	0,1	Aparece error faltan espacios
		...				Borran y crean espacios
	5	<VQp>(0,1)<Enter>	EC IV CV	1000	0,1	
	6	<Inicio><Marcha>	LV IS	1000	• 0,1	
	7	Qg -->	MC			
	8	<VQp>(0)<Enter>	EC IV CV	1000	0	
	9	<Marcha>	IS			Cuestionan que se sigue moviendo Qg
	10	Qp --> Qg	MC			No se leyeron los nuevos valores
E9	1	Qp --> Qg	MC			
	2	<Marcha>	IS			Falta Inicio
	3	<Inicio>	LV			
	4	<VQp>(0,1)<Enter>	EC IV CV	1000	0,1	
	5	<Inicio><Marcha>	LV IS	1000	• 0,1	Siguen cuestionando el movimiento.
	6	Qp --> Qg	MC			
	7	<VQp>(0,0001)<Enter><In nico><Marcha>	EC IV CV LV IS	1000	:0,0001	Observan que la Qg se mueve aunque la Qp es muy pequeña.
	8	Qp --> Qg	MC			
E10		...				
E11	1	<S3> <VQg> (1000) <Enter>, <CE>, <Leer>,	SS EC IV CV AC LV AC IS	1000	0,1	Se marca el campo CE antes de Leer. Luego se inicia la simulación . Al

		<CE>, <Play>, <VQp> (0,1) <Enter>, <Leer>, <CE>, <Play>	EC IV CV LV AC IS			cambiar el valor de Qp se vuelve a utilizar toda la secuencia de forma correcta.
		...				
3		<POT>	AP			
4		Qp --> ↙	MC			
5		Qg --> ↗	MC			Al desplazar la Qg hacia arriba a la derecha se visualiza el potencial en la parte inferior izquierda del área de representación.
6		<VQg> (100) <Enter> <Leer> <CE> <POT> <Play>	EC IV CV LV AC AP IS	100	0,1	Modifican los valores de Qg para comprender la representación del potencial en forma de círculos concéntricos que varían el color en forma de gradiente entre blanco y negro.
7		<VQg>(-100) <Enter> <Leer> <CE> <POT>	EC IV CV LV AC AP	-100	0,1	
8		Qp --> Qg	MC			El movimiento de la carga se visualiza con demora. Este retardo puede relacionarse con el fps ⁵² o con la velocidad de refresco de la pantalla ⁵³ .
E12	1	<VQp>(-0,1)<Enter>	EC IV CV	-100	-0,1	Aparece el mensaje que indica que la carga de prueba debe ser siempre positiva.
	2	<VQp>(0,1)<Enter>	EC IV CV	-100	0,1	
		...				
E13	1	<VQg>(1000)<Enter><Leer><CE><POT>	EC IV CV LV AC AP	1000	0,1	
	2	Qp --> ↙	MC			
	3	Qg --> ↗	MC			Observan que no se ve representado el campo en los círculos blandos en los que se visualiza el potencial.
	4	<Play>	IS			
	5	<Stop>	DS			
E14	1	...				
E15	1	<VQg>(2000)<Enter>	EC IV CV	2000	0,1	Prueban valores de magnitud más grandes pero no accionan Leer y la visualización es del estado anterior.
E16	1	<MinVentana>	OO			
	2	<FreezScreen><Stop>	OO			

⁵² FPS: La velocidad de cuadros de un programa, se refiere a cuántas veces por segundo el motor de gráficos puede calcular una nueva imagen y colocarla en la memoria de video. La velocidad de marcos es una función del tipo de software utilizado y qué tan eficientemente funciona con las capacidades aceleradores de la tarjeta de video.

⁵³ Velocidad de refresco de pantalla: La velocidad de refresco es qué tan rápido el contenido de la memoria de video es enviado al monitor. O sea cuántas veces por segundo la imagen en la pantalla es reconstruida por completo.

Las secuencias de interacción relacionadas con la exploración de la funcionalidad de la herramienta (EFH) se encuentran resaltadas en color rosa y permiten visualizar cómo fue armando este grupo las diferentes secuencias en relación con la herramienta.

En la línea [6], durante el episodio E1 ocurre el primer ingreso correcto de un parámetro. Luego, de la línea [7] a la [13] se desarrolla un periodo de exploración que culmina con una consulta al docente y el reconocimiento del comando <Reset> para iniciar la lectura de valores de los parámetros. Más adelante en la líneas [15] y [17] es ingresada una secuencia completa de interacción que consisten en la edición del valor de carga (**EC**), el ingreso de un valor en el campo (**IV**), la confirmación de dicho parámetro con el comando Enter (**CV**) y finalmente la lectura del valor con el comando Reset (**LV**). La secuencia que se construye es: **EC IV CV LV**. Luego mueven la carga de prueba Qp. En este instante mantienen un diálogo con el docente sobre la Qp que genera campo e influye sobre la Qg. Debido a esto intentan cambiarle la denominación dado que consideran que no debería llamarse “carga de prueba”. Luego en la línea [23] asignan el valor 1000 a la carga de prueba y continúan con la exploración [24-35] a partir del movimiento de las dos cargas en diferentes direcciones. En este período de exploración dialogan con el docente y le preguntan por la información que aparece en el campo que muestra el valor del campo en el lugar de la carga de prueba (Qp), este campo no es editable. En la línea [36] que corresponde al episodio E4 se vuelve a cargar la <S1> se realiza nuevamente una secuencia completa de interacción pero sólo se asigna valor a Qg. Cierran la ventana del sitio y vuelven a cargarlo para iniciar nuevamente la <S1>. En el episodio E5 la interacción con la simulación es mínima y comienzan a responden a las preguntas.

En el episodio E6 se carga la simulación <S2>. En la línea [46] puede verse cómo buscan un control que funcione como el Reset de la S1, hasta que identifican el comando <Inicio>. Puede observarse como en la línea [52] ya utilizan la secuencia completa. Lo mismo ocurre más adelante cuando pasan a la simulación S3 y en la

Línea [62] logran leer los valores ingresados utilizando el comando <Leer> que tiene la misma función que Reset en S1 e Inicio en S2.

Más adelante, ante una situación de validación o prueba de hipótesis (por ej. líneas [70] y [82]) vuelven a cometer el error de no leer los valores e interpretar la visualización de manera errónea. Pero esto no ocasiona ningún conflicto dado que rápidamente se dan cuenta de la situación.

Este caso puede iniciar tempranamente la secuencia de exploración con la simulación del fenómeno debido a que han superado la dificultad en la lectura de los valores iniciales para ejecutar la simulación. Las líneas de acción resaltadas de color rosa y subrayadas muestran aquellas instancias en que la secuencia se utiliza completa (E4).

Las secuencias resaltadas en color azul muestran los espacios de exploración de la funcionalidad de la herramienta que anteceden a aquellos espacios de exploración de la simulación, resaltados de color verde.

Al comienzo del proceso, se identifican aquellas acciones de exploración de la funcionalidad de la herramienta que se extienden hasta el episodio E7. Las acciones en este período son generalmente impulsivas con el objeto de conocer cómo funciona la herramienta y contienen muy poca reflexión en relación con el conocimiento que se espera construir.

A partir de la línea [74], que corresponde al episodio E8, cuando regresan a la simulación S2 comienza la etapa de exploración de la simulación. En esta etapa el movimiento de las cargas, el valor de los parámetros o la selección del tipo de visualización dejan de ser establecidos aleatoriamente. Comienza un período de interacción más focalizado en el contenido escolar en el que se identifican aquellos obstáculos mayormente relacionados con la representación del conocimiento.

Para identificar en la tabla las acciones relacionadas directamente con el valor de los parámetros se han incluido algunas marcas en las columnas que presentan los valores que se les fue asignando.

Los recuadros de bordes intensos en estas columnas muestran las instancias en las que el juego de parámetros se encontraba correctamente ingresado para su visualización.

Las flechas verticales de líneas punteadas, en las columnas de valores de los parámetros, señalan los diferentes recorridos que se fueron tomando en relación con estos valores.

El primer cambio que realizan, entre el episodio E1 y E2, tiene el propósito de encontrar una limitación al valor de carga de prueba que para los alumnos debería ser muy pequeño. Esto origina un primer cuestionamiento acerca de la denominación de la carga y el posterior intento de cambiarle el nombre. La intención en los siguientes cambios es disminuir el valor de Qp buscando que no afecte a Qg (que esta última no se mueva).