

Representaciones de los estudiantes sobre sensores en tanto instrumento de medición

Marta Yanitelli¹ - Marta Massa¹ - Marco Antonio Moreira²

¹Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario, Argentina

²Universidad Federal de Río Grande do Sul, Brasil
myanitel@fceia.unr.edu.ar

Se analizan las representaciones mentales desarrolladas por estudiantes de Física de primer año de carreras de Ingeniería al realizar una actividad de laboratorio orientada al conocimiento básico de un sistema informático. Se establecen niveles de diferenciación progresiva en la construcción de sus propias ideas sobre el uso y función de los sensores, sobre cómo trabajan y sobre la relación entre sensores, interfase y computadora. Se detectaron diversas representaciones mentales asociadas al tratamiento de sensores como instrumentos de medida que pueden ser agrupadas en dos tipos: de “contexto declarativo” y de “contexto procedimental”.

Palabras clave: laboratorio, sensores, medición, estudiantes universitarios, modelos mentales.

This paper analyses mental representations developed by freshmen engineering students when taking introductory physics and performing a lab activity guided to the basic knowledge of a data-acquisition system. Levels of progressive differentiation were established in the construction of their own ideas about the use and function of sensors, about how they work and about the relationship between sensors, interface, and computer. Different mental representations were identified associated with the treatment of sensors as measuring instruments that can be grouped in two types: “declarative context” and “procedural context”.

Keywords: laboratory, sensors, measurement, university students, mental models.

Introducción

La incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación universitaria es considerada como imprescindible tanto para adaptarse a las tendencias y líneas evolutivas de la Sociedad del Conocimiento como para satisfacer las necesidades cada vez más exigentes del universo profesional (Finkelievich y Prince, 2005). En particular, las instituciones destinadas a la formación de ingenieros deben acompañar este proceso integrando las actuales tecnologías en sus enfoques pedagógicos y en el diseño de sus entornos educativos.

Los estudiantes universitarios actuales deberán trabajar en un contexto caracterizado por la rápida evolución, no sólo de

las tecnologías, sino de todas las disciplinas, así como por la creciente interdependencia de las mismas y la necesidad de enfrentar y resolver problemas nuevos que muy posiblemente no han podido preverse en el curso de su formación inicial.

Desde este punto de vista, el uso de sistemas informáticos de adquisición de datos en tiempo real en la resolución de actividades experimentales de Física, de nivel básico universitario, ofrece interesantes posibilidades para familiarizar a los estudiantes con los recursos informáticos y el interesante dominio de la automatización de gran importancia en la Ingeniería moderna (Li, 1998).

Por otra parte, numerosas investigaciones en el campo de la Enseñanza de las Ciencias han mostrado que estos recursos

tienen mayores posibilidades de ser utilizados para mejorar el aprendizaje de las Ciencias (Newton, 2000); de ayudar al estudiante a aprender significativamente construyendo su conocimiento (Beltrán LLera, 2003); de favorecer la capacidad de razonar y comprender conceptos científicos (Sáez, Pintó y García, 2005); de introducir modificaciones en variables relevantes para la aplicación de un dado modelo teórico y establecer criterios de ajuste (Yanitelli, Massa y Moreira, 2010) y de contribuir a cambiar algunas ideas previas erróneas muy frecuentes y persistentes sobre el movimiento (Torres Climent, 2010).

Otras investigaciones han focalizado su interés en el desarrollo de habilidades para la interpretación de gráficas (Sassi, Monroy y Testa, 2005; Testa, Monroy y Sassi, 2002) y en la posibilidad de fortalecer las interrelaciones entre diferentes tipos de lenguajes -icónico, verbal, tabular, gráfico y algebraico- utilizados para describir movimientos reales (Juan Martínez, Juliá Espí, Jover, Prats, Pons y Martínez, 2003).

En relación con el uso de sensores, de Camargo, Ketzer Saul y Pazini (2002) han manifestado que constituyen el centro de un nuevo enfoque en la enseñanza, el aprendizaje y la innovación al favorecer el desarrollo de habilidades tales como observar, comparar y juzgar. Juan Martínez y colaboradores (2003) consideran que el uso de sensores promueve la vinculación del lenguaje tabular y el lenguaje gráfico con los fenómenos reales, otorgando una nueva dinámica al trabajo experimental.

No obstante, se debe tener en cuenta que la mayoría de los estudiantes que ingresan a la universidad cuentan con una reducida experiencia en el trabajo de laboratorio que deviene de la realización sólo de experiencias demostrativas o dirigidas durante los estudios previos. También presentan diferencias en sus conocimientos informáticos, en el grado de familiarización con el uso de la computadora y de software de

propósito general y poseen una experiencia muy limitada o casi nula respecto al trabajo experimental mediado por un sistema de adquisición de datos.

En un experimento asistido por computadora los estudiantes se enfrentan a un sistema de dispositivos para el registro y procesamiento de datos tales como sensores, interfase de conexión, puertos de entrada y salida, etc. y el programa de gestión. Se ha observado en situaciones de aula que, a la mayoría de ellos, no les resulta fácil operar este sistema y generalmente lo utilizan en forma mecánica. En consecuencia, se consideró conveniente para su uso adecuado, trabajar aspectos básicos de su funcionamiento de manera que construyan una representación mental del mismo (García Madruga, Carriedo y González Labra, 2000), aunque sea muy elemental.

El conocimiento de las características, la función y los principios tecnológicos que regulan el funcionamiento de estos dispositivos, permite al estudiante profundizar sobre las diferentes potencialidades y opciones que ofrecen, favoreciendo el análisis e interpretación de los resultados experimentales.

En este trabajo se analizan las representaciones mentales desarrolladas por estudiantes de Física de primer año de carreras de Ingeniería al realizar una actividad de laboratorio orientada al conocimiento básico de un sistema informático. Se establecen niveles de diferenciación progresiva (Ausubel, Novak y Hanesian, 1998) alcanzados en la construcción de sus propias ideas sobre el uso y función de los sensores, sobre cómo trabajan y sobre la relación entre sensores, interfase y computadora.

Marco de referencia

Las representaciones mentales o representaciones internas son aquéllas que un

sujeto crea en su mente y constituyen las formas en que codifica características, propiedades, imágenes, sensaciones, etc. de un objeto percibido, de uno imaginado o de un concepto abstracto, de manera tal que podamos recordarlos o pensar sobre ellos. Estas representaciones son consideradas como estados mentales particulares, que contienen en sí mismos el objeto al que se refieren.

Desde un enfoque epistemológico se considera que el sujeto elabora estas representaciones internas de una manera esencialmente individual determinando las formas de actividad que realiza el sujeto. Sin dejar de reconocer la influencia del entorno, se sostiene que las representaciones que el sujeto elabora o construye mediatizan su actividad general (sus propias percepciones y acciones). Desde este enfoque el sujeto es un agente activo cuyas acciones dependen en gran parte de las representaciones internas que ha elaborado como producto de las relaciones previas con su entorno físico y social. Esto significa también que el sujeto de conocimiento deja de acumular por simple asociación impresiones sensoriales para ir conformando sus ideas sobre el mundo. Es decir, el sujeto organiza tales representaciones dentro de su estructura cognitiva y las va reelaborando en función de los intercambios con el exterior para interpretar y otorgar continuamente nuevos significados a la realidad.

En el ámbito del trabajo experimental en Física, comprender un fenómeno observado implica relacionar la terminología científica con el fenómeno en sí, reconocer qué lo causa, qué resulta de él, cómo iniciarlo, etc. Estas acciones exigen un alto nivel de comprensión del fenómeno que se estudia al traducir un evento externo en una representación interna, al razonar manipulando estas representaciones simbólicas y al convertir en acciones los símbolos resultantes de esa manipulación. Esto significa, en el lenguaje de Johnson-Laird (1983)

tener un *modelo mental*, un modelo de trabajo de ese fenómeno.

La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird se centra en la manera en que las representaciones mentales son interpretadas como modelos o análogos estructurales del mundo, sea éste real o imaginario (Moreira, 1998). Afirma que las personas deducen lo que implica la información representada en sus mentes utilizando información sobre el significado de la representación.

Johnson-Laird establece las siguientes hipótesis como límites a la idea de modelo mental:

- los modelos mentales y la maquinaria para su construcción e interpretación son computables,
- son finitos en tamaño y no pueden representar directamente un dominio infinito,
- son construidos a partir de algunos elementos básicos (tokens) organizados en una cierta estructura para representar un estado de cosas.

Además, reconoce que:

- cuando es posible, se genera un modelo simple, aún si la descripción de un estado de cosas es indeterminada,
- los modelos pueden revisarse recursivamente conforme sea necesario,
- los modelos pueden representar directamente indeterminaciones si su uso no lleva a un crecimiento exponencial en complejidad.

Dado que un modelo representa un estado de cosas, su estructura no es arbitraria pero desempeña un papel analógico directo. Su estructura refleja aspectos relevantes del estado de cosas correspondiente en el mundo. Cada elemento de un modelo mental y cada relación estructural entre ellos debe tener un papel simbólico. No debe haber en el modelo ningún aspecto sin función o significado.

Los modelos mentales pueden ser básicamente analógicos -basados principalmente en imágenes-, básicamente propo-

cionales o parcialmente analógicos y parcialmente proposicionales. Las proposiciones están integradas, articuladas, relacionadas en el modelo. Un conjunto de proposiciones no relacionadas *no* forma un modelo mental (Moreira, Greca y Rodríguez Palmero, 2002).

Para Johnson-Laird los sujetos comprenden el mundo mediante la construcción de modelos mentales, modelos de trabajo que permiten describir, predecir y explicar los fenómenos, eventos, procesos o discursos. Esos modelos no precisan ser técnicamente precisos, generalmente no lo son, sino que deben ser funcionales. Evolucionan naturalmente. Interactuando con el evento, el sujeto continuamente modifica su modelo mental con el fin de llegar a una funcionalidad que le satisfaga.

Johnson-Laird identifica diferentes tipos de modelos mentales para representar una situación verdadera, una posible o una imaginaria:

Modelo relacional es un cuadro estático que consta de un número finito de “tokens”, que representan un conjunto finito de entidades físicas con sus propiedades. Las relaciones entre los “tokens” representan las relaciones físicas entre las entidades.

Modelo espacial es un modelo relacional en el cual las relaciones entre las entidades son solamente espaciales y están representadas en el mismo por la ubicación de los elementos “tokens” en un espacio.

Modelo temporal está formado por una secuencia de cuadros espaciales, de una determinada dimensionalidad, que se produce en un orden temporal que corresponde al orden de los eventos aunque no necesariamente en tiempo real.

Modelo cinematográfico es un modelo temporal que es psicológicamente continuo, representa cambios y movimientos de las entidades representadas sin discontinuidades temporales. Puede funcionar en tiempo real y ciertamente lo hará si fuese derivado de la percepción.

Modelo dinámico es un modelo cinematográfico en el que existen también relaciones causales entre los “tokens” que dan cuenta de la forma en que se vinculan las acciones entre los agentes que intervienen en los eventos representados.

Imagen es una representación, centrada en el observador, de las características visibles de un modelo espacial tridimensional o cinematográfico subyacente. Corresponde, por lo tanto, a una vista del objeto o evento representado en el modelo subyacente.

Norman (1987) señala que los modelos mentales que un sujeto construye están limitados por factores tales como su conocimiento y su experiencia previa con eventos similares y por la propia estructura del sistema de procesamiento humano de la información.

La estructura cognoscitiva existente - tanto el contenido sustancial de la estructura de conocimiento de un individuo como sus propiedades de organización dentro de un campo específico en un momento dado - constituye el factor principal que influye en el aprendizaje significativo (Ausubel, 1976).

Un proceso casi siempre presente en el aprendizaje significativo es el de diferenciación progresiva. Ausubel enuncia el principio de diferenciación progresiva basado en dos suposiciones: “a) *Para los seres humanos es menos difícil aprender aspectos diferenciados de un todo más amplio ya aprendido, que formularlo a partir de sus componentes diferenciados ya aprendidos*” y “b) *la organización del contenido de un material en particular en la mente de un individuo consiste en una estructura jerárquica en que las ideas más inclusivas ocupan el ápice e incluyen las proposiciones, conceptos y datos fácticos, progresivamente menos inclusivos y más finamente diferenciados*” (p.183).

Es decir que, puede pensarse que los contenidos de la estructura cognoscitiva del sujeto están naturalmente jerarquiza-

dos, de manera que los conceptos más generales e indiferenciados ocupan los estratos superiores de la jerarquía y los más particulares y diferenciados están subordinados a los primeros. Si esto es así, es lógico describir la adquisición de nuevos aprendizajes como algo que se incorpora a esta estructura jerarquizada de contenidos. Esta incorporación se lleva a cabo mediante los procesos de inclusión y de asimilación.

Metodología

Se adoptó un diseño cualitativo con un enfoque interpretativo dado que se considera que las situaciones de enseñanza y de aprendizaje, que se dan en el aula, constituyen hechos sociales cuyos significados deben ser descubiertos a fin de hacer inteligible la acción. De esta forma se hace referencia a formas concretas de percibir y abordar la realidad, lo cual lleva a compartir posturas que coinciden en concebirla como multirreferencial, cambiante, cuyas explicaciones son un producto social y humano (Colás Bravo y Buendía Eximan, 1994; Goetz y Lecompte, 1988).

Sujetos

En la investigación participaron estudiantes que cursaban la asignatura Física I que, como se mencionó anteriormente, corresponde al primer año del ciclo básico de las carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario. Se decidió trabajar con una muestra intencional, pero representativa de la población. Para su conformación se adoptó como criterio seleccionar una comisión de cada turno - mañana, tarde y noche- dado que cada uno de ellos presenta características propias. El turno mañana es el más demandado por cuanto los estudiantes consideran que les permite una mejor organización de sus estudios independientes al concluir las clases diarias. También lo prefieren los

jóvenes que provienen de otras localidades ya que les permite retornar a las mismas al finalizar las actividades de la semana sobre el mediodía del día viernes. Al turno tarde asisten, generalmente, los estudiantes que no han podido acceder al turno mañana y al de la noche concurren principalmente quienes comparten los estudios con actividades laborales de distinto tipo.

Otro aspecto que se consideró en la conformación de la muestra fue que las comisiones incluyeran estudiantes de las distintas carreras de Ingeniería. Si bien todas las especialidades poseen un ciclo básico universitario común, presentan orientaciones profesionales bien diferenciadas lo cual da cuenta de las motivaciones, preferencias, aspiraciones, inquietudes e intereses que tienen los estudiantes cuando se deciden por una carrera de Ingeniería en particular.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, la muestra quedó conformada por 175 estudiantes, distribuidos en 35 grupos. En cada uno de ellos se promovió un tratamiento colectivo de las tareas demandadas, mediante una actividad permanente de reflexión compartida entre los estudiantes y entre éstos y el profesor. Se considera que la construcción por acuerdo colectivo de las ideas sobre el uso y la función de los distintos elementos que conforman un sistema informático, sobre cómo trabaja un sensor y sobre la relación entre sensores, interfase y computadora favorece la explicitación de las ideas previas de cada uno de los integrantes del grupo, en un ambiente que las considera genuinamente como aportes valiosos, no cuestionables a priori. La contrastación de estas ideas con las explicitadas por otros estudiantes, por el docente y por la bibliografía consultada, les permite que posteriormente puedan usar las diferentes potencialidades y opciones de un sistema informático en el desarrollo de experimentos.

Actividad experimental

Se trata de una actividad de iniciación al trabajo experimental mediado por un sistema de adquisición de datos en tiempo real. La misma fue organizada en torno a los siguientes ejes de trabajo:

I- Reconocimiento de los distintos componentes que integran un sistema informático y sus relaciones. Uso y función de cada componente.

II- Estudio en profundidad de las características relevantes, uso y función de las puertas fotoeléctricas.

III- Comparación de la función, precisión y sensibilidad de un instrumento de medición tradicional y las de un sistema informático.

Para el desarrollo de la actividad experimental, los estudiantes disponen de una guía que, a través de cuestiones o interrogantes, orienta sus acciones hacia la construcción de un modelo mental del sistema informático, sin que esto implique necesariamente conocer los fundamentos teóricos de su funcionamiento técnico. Estas primeras ideas se constituyen en puentes cognitivos (Ausubel et al, 1998) que favorecen la aplicación de las diferentes opciones que ofrece el sistema informático en la resolución de situaciones experimentales.

En la Tabla 1 se sintetizan, para cada eje de trabajo, las acciones cognitivas que se espera que los estudiantes activen a fin de convertir las características esenciales de la situación experimental considerada en objeto directo de sus representaciones internas. Una versión detallada de las intenciones didácticas correspondientes a cada uno de los ejes propuestos se trabajó en Yanitelli, Rosolio y Massa (2007).

La investigación se efectuó sobre la actividad indicada con el número 2 en el segmento de la guía de laboratorio asociado al eje de trabajo I (Anexo 1) y el conjunto de actividades incluidas en el seg-

mento de la guía correspondiente al eje II (Anexo 2).

Tratamiento de los datos

Los informes escritos elaborados por los estudiantes como resultado de la actividad experimental realizada actuaron como protocolos. Su análisis se organizó atendiendo a las consignas de trabajo que se plantean en la guía de laboratorio y que demandan:

- Explicitar la gama de situaciones experimentales realizables utilizando un sistema informático en el cual se conectan sensores y las condiciones en las cuales se hace uso de los mismos.
- Describir el procedimiento para visualizar los datos en la pantalla de la computadora.
- Caracterizar los sensores en función de sus especificaciones técnicas, establecer rangos de medición y utilizar el lenguaje matemático en la comunicación de los resultados de las mediciones.
- Sintetizar las ideas relevantes sobre sensores y sobre su relación con los demás componentes del sistema informático.

Se utilizó una técnica de análisis interpretativo textual basada en la identificación de expresiones en el documento escrito que pueden ser interpretadas como representaciones activadas por los estudiantes al abordar la práctica experimental propuesta (Quivy y Van Campenhoudt, 1998; Vallés, 1997). El estudio se realizó en forma individual sobre cada protocolo y reconociendo aspectos comunes entre ellos que permitieran caracterizar el contexto en el que los estudiantes centraron su análisis del sensor y sus relaciones con los componentes del sistema informático dando sentido a éste como instrumento de medición, es decir, se profundiza sobre las características relevantes, uso y función del sensor.

Tabla 1. Acciones cognitivas asociadas a cada eje de trabajo de la actividad Experimental

Ejes de trabajo	Acciones cognitivas
I- Reconocimiento de los distintos componentes que integran un sistema informático y sus relaciones. Uso y función de cada componente.	<p>“Identificar” que demanda activar una sucesión de procesos parciales: <i>disociar</i> el sistema informático en sus componentes, <i>reconocer</i> la función específica de cada uno e <i>integrar</i> los elementos a partir de establecer relaciones entre ellos.</p> <p>“Explicitar” situaciones experimentales y condiciones bajo las cuales es conveniente utilizar sensores. Interesa que los estudiantes expliciten las correspondencias siguientes: Situación → hecho observable; Condiciones → características de las variables relevantes intervinientes.</p>
II- Estudio en profundidad de las características relevantes, uso y función de las puertas fotoeléctricas.	<p>“Sintetizar” las ideas relevantes sobre el funcionamiento de una puerta fotoeléctrica.</p> <p>“Explicar” por qué en algunos casos no es posible registrar los intervalos de tiempo lo cual implica apelar a especificaciones técnicas.</p> <p>“Describir” el procedimiento para visualizar en la pantalla de la computadora los intervalos de tiempo que demanda: <i>identificar</i> los elementos relevantes que intervienen, <i>seleccionar</i> las propiedades más significativas de los mismos y en un cierto orden o sistemática, <i>especificar</i> la forma en que funcionan y <i>elaborar</i> una secuencia temporal.</p>
III- Comparación de la función, precisión y sensibilidad de un instrumento de medición tradicional y las de un sistema informático.	<p>“Comparar” que implica, en este caso, centrar la atención en las mediciones de tiempo efectuadas con dos “instrumentos” diferentes, para reconocer semejanzas y diferencias. Para ello es necesario: <i>distinguir</i> los instrumentos en función de sus especificaciones, <i>analizar</i> sus funciones, <i>construir</i> criterios de comparación, <i>evaluar</i> la calidad de las mediciones efectuadas (precisión, exactitud, etc.) y <i>reflexionar</i> sobre las semejanzas y diferencias detectadas.</p>

En relación a los requerimientos indicados en el programa de actividades se definieron a priori los ejes de análisis mostrados en la Tabla 2. Los indicadores, concebidos como aspectos significativos de los ejes de análisis, resultaron emergentes del procesamiento cualitativo de las producciones escritas por los estudiantes, analizando el lenguaje con que expresan sus ideas. Las proposiciones consignadas en las producciones sugieren los modelos

mentales construidos por los estudiantes, de acuerdo con la teoría de Johnson-Laird.

Resultados

En la Tabla 2 se consignan los ejes de análisis e indicadores asociados al tratamiento del sensor como instrumento de medición.

Tabla 2. Ejes de análisis y sus correspondientes indicadores

<i>Ejes de análisis</i>	<i>Indicadores</i>
Referencia a experimentos que utilizan sensores para recoger datos y a condiciones bajo las cuales se utilizan.	<p>Explicita correspondencia: situación → hecho observable</p> <hr/> <p>Explicita correspondencia: condición → características variables relevantes</p> <hr/> <p>Tratamiento general basado en elementos del sistema informático</p>
Descripción del procedimiento para visualizar los datos en la pantalla de la computadora.	<p>Tratamiento basado en: la identificación de elementos relevantes, la selección de propiedades significativas y la elaboración de una secuencia temporal</p> <hr/> <p>Resolución temporal en relación con el valor estimado de una medición</p> <hr/> <p>Resolución temporal en relación con la incerteza de una medición</p> <hr/> <p>Resolución espacial a través de la generalización del resultado de mediciones</p>
Caracterización de sensores atendiendo a especificaciones técnicas y uso del lenguaje matemático en el resultado de mediciones.	<p>Referencia a aspectos generales de los sensores y a su funcionamiento</p> <hr/> <p>Referencia a aspectos generales de los sensores y a su funcionamiento incorporando consideraciones técnico-informáticas</p>
Síntesis de las ideas relevantes sobre sensores.	<p>Relación basada en consideraciones generales</p> <hr/> <p>Relación basada en valoraciones sobre el uso en ciencias y en contextos reales</p> <hr/> <p>Relación basada en consideraciones técnico-informáticas</p> <hr/> <p>Relación basada en las aportaciones relevantes en la elaboración del procedimiento de operaciones del experimento</p>
Síntesis de la relación entre sensor y los componentes del sistema informático.	<p>Relación basada en consideraciones generales</p> <hr/> <p>Relación basada en valoraciones sobre el uso en ciencias y en contextos reales</p> <hr/> <p>Relación basada en consideraciones técnico-informáticas</p> <hr/> <p>Relación basada en las aportaciones relevantes en la elaboración del procedimiento de operaciones del experimento</p>

En base a los indicadores detallados, se infirieron diversas representaciones mentales asociadas al tratamiento de sensores como instrumentos de medida. Cada una de estas representaciones puede ser interpretada como el modelo mental consensuado por los integrantes del grupo como consecuencia de los aportes individuales, los acuerdos emergentes de las discusiones y las reflexiones en el interior del grupo

durante el desarrollo de la actividad experimental y en la producción de la memoria escrita. Tales representaciones pueden ser agrupadas en dos tipos: de “contexto declarativo” y de “contexto procedimental”. El diagrama de flujo I (Figura 1) resume las representaciones de “contexto declarativo”. El diagrama de flujo II (Figura 2) concentra aquéllas de “contexto procedimental”.

Representaciones de “contexto declarativo”

Estas representaciones, en las que se inscribe el 34% de los grupos, devienen de producciones en las cuales las ideas se exponen apelando a descripciones generales basadas en elementos perceptibles y en información específica consignada en la guía. El análisis reveló un conjunto de características comunes y algunas diferencias en el nivel de organización y abstracción de las ideas involucradas.

El diagrama de flujo I que las sintetiza se presenta en la Figura 1. A fin de organizar su interpretación, los elementos que lo conforman se han identificado con una secuencia alfabética que busca reconstruir los procesos cognitivos desarrollados si bien, algunos de ellos acontecen prácticamente en simultáneo. De todos modos se ha tratado de respetar el orden en que cada grupo decidió consignar sus ideas en el informe escrito.

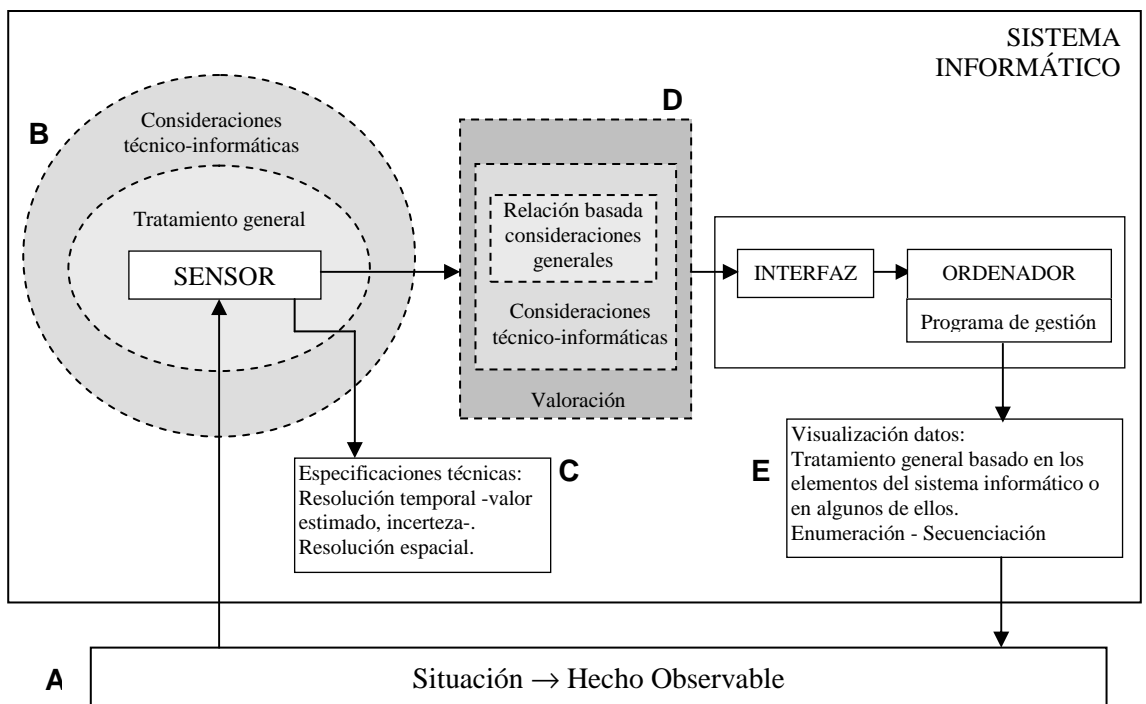


Figura 1. Diagrama de flujo I, representaciones de “contexto declarativo”

La escala de grises utilizada da cuenta de los distintos niveles de organización y abstracción detectados, correspondiendo al gris más oscuro el mayor nivel alcanzado. (Esta codificación en escala de grises se conservó a lo largo del análisis a los efec-

tos de seguir la evolución de las ideas activadas y la forma en que se integran para dar sentido a la composición y función de los distintos elementos del sistema informático).

Análisis asociado al elemento A. La correspondencia *situación* → *hecho observable* constituye la información relevante que otorga significado al uso de sensores como instrumento de medición. La mayoría de los grupos hace referencia a esta correspondencia, a través de las aportaciones más inmediatas y notorias de los sensores en la realización de experimentos de laboratorio. Aluden tanto a la posibilidad de ampliar la gama de experiencias realizables como al incremento en la calidad de las mediciones.

Las argumentaciones asociadas a la ampliación de la gama de experiencias realizables se basaron fundamentalmente en la posibilidad de efectuar experimentos desde aquellos que involucran intervalos de tiempo muy breves hasta los que demandan tiempos de medición muy extensos. Otras formulaciones se orientaron hacia la posibilidad que brindan los sensores de efectuar mediciones que involucran órdenes de magnitud imposibles de medir con instrumentos convencionales. Asimismo, se reconoció que es viable medir un importante espectro de magnitudes. Cabe destacar que no sólo se mencionaron parámetros físicos asociados a Mecánica sino también a otros campos de la Física: “*Experimentos que poseen una variación. Por ejemplo: temperatura, movimiento, presión, luminosidad, etc.*” GRP16

Con respecto al incremento en la calidad de las mediciones se explicitaron aspectos relacionados con la resolución -espacial y temporal- de las fotopuertas y la reproducibilidad de las mediciones: “*En situaciones experimentales que demanden tomar varias veces la misma medición de un cierto estado y sobre todo cuando estas mediciones sean indirectas.*” GRP30. Asimismo, como características relevantes asociadas al proceso de adquisición de

datos se indicaron la rapidez, facilidad y efectividad de las mediciones realizadas con sensores y la posibilidad de la inmediata representación gráfica de los datos.

Análisis asociado al elemento B. Los sensores, en particular, las puertas fotoeléctricas, se constituyeron en objeto de atención selectiva que derivó en el reconocimiento de los atributos específicos de éstas.

Las producciones de los grupos GRP01, GRP10, GRP16, GRP30 y GRP31 revelan un tratamiento general de los atributos específicos asociados a los sensores basado en un procesamiento superficial de la información contenida en la guía. Sólo 2 grupos, GRP08 y GRP28, incorporaron consideraciones técnico-informáticas en sus descripciones. En uno de ellos, GRP08, se observa un tratamiento significativo de aspectos relevantes de su funcionamiento.

En la Tabla 3 se establece un paralelo entre dos descripciones en las que se observan dos enfoques distintos en relación con la función que cumple el sensor en el dispositivo informático. En negrita se resaltan aspectos significativos de cada una. Así, en el marco de la actividad experimental propuesta, desde un tratamiento general el sensor es considerado como un “*interruptor*”. El grupo apeló a un concepto de uso frecuente aún en contexto cotidiano al observar que su rol es registrar el bloqueo del haz infrarrojo por el paso de un móvil. En las descripciones que incorporan términos técnico-informáticos se lo identifica como un “*transductor*” avanzando en el reconocimiento de su función no sólo para detectar la presencia o ausencia del haz sino la transformación de una señal luminosa en eléctrica.

Tabla 3. Producciones de los estudiantes como ejemplo de los dos tratamientos sobre sensores

Tratamiento general	Consideraciones técnico-informáticas
<p>“El sensor trabaja como un interrup-tor que posee un emisor y un receptor y funciona de manera tal que al ser interrumpido el haz, dependiendo del diámetro del cuerpo, el intervalo de tiempo del bloqueo es tomado como información por el software.” GRP31</p>	<p>“El sensor es sensible a los cambios de la magnitud a medir, como una temperatura, una posición o una concentración química. El transductor convierte estas mediciones en señales eléctricas, que pueden alimentar a instrumentos de lectura, registro o control de las magnitudes medidas. En la mayoría de los casos, la señal eléctrica es débil y debe ser amplificada por un circuito electrónico...” GRP08</p>

En la proposición, “*el intervalo de tiempo del bloqueo es tomado como información por el software*” utilizada por el GRP31, típica de consideraciones de carácter general, los estudiantes recurren a un lenguaje elemental. Se advierte en este tratamiento que no toman en cuenta la presencia de la interfase como un puente entre el sensor y la computadora. Esto evidenciaría que el grupo apeló a un modelo mental elemental de constituyentes básicos (tokens) desagregados. En el caso del grupo GRP08, característico de un tratamiento técnico-informático, se observa el uso de términos específicos, “*señales eléctricas, que pueden alimentar a instrumentos de lectura, registro o control de las magnitudes medidas*”, donde la expresión ‘señales eléctricas que pueden alimentar’ sugiere una referencia implícita a una interfase.

Los grupos restantes, GRP02, GRP05, GRP23, GRP29 y GRP33 no construyeron proposiciones sobre aspectos relacionados con este elemento.

Análisis asociado al elemento C. Las ideas sobre sensores se extendieron al considerar las especificaciones técnicas de los mismos, tornándose más inclusivas. Se activaron los conceptos de valor estimado

e incerteza y se utilizó simbología específica del lenguaje matemático para otorgar significado tanto al concepto de resolución temporal como al de resolución espacial.

Sólo 2 grupos, GRP05 y GRP31, elaboraron conceptualizaciones significativas. Las asociadas a la resolución espacial derivaron de un proceso de generalización, efectuado a partir de los resultados obtenidos al realizar un conjunto de mediciones propuestas en el marco del trabajo práctico. Las relacionadas con la resolución temporal se evidenciaron en la correcta comunicación de los resultados de las mediciones correspondientes a intervalos de tiempo (valor estimado e incerteza).

Las producciones de los grupos GRP08 y GRP23 revelan tratamientos correctos vinculados a la resolución temporal y las de los grupos GRP02 y GRP28 ponen en evidencia conceptualizaciones apropiadas sobre resolución espacial.

Cabe destacar que el grupo, GRP29, enunció proposiciones relacionadas con la correspondencia, *condiciones* → *características de las variables relevantes intervinientes* otorgando significado a las especificaciones técnicas al considerar la resolución espacial y la temporal como aspectos que determinan el rango de medición

con los sensores: *“Utilizaríamos sensores para intervalos de tiempos, siempre que el objeto sea identificado por el sensor, siempre que esté dentro de la resolución ya sea espacial y temporaria.”*

La incorporación de formulaciones matemáticas, que se observó en las producciones escritas de los grupos mencionados, denota la organización de modelos mentales básicamente proposicionales. Los grupos restantes desarrollaron tratamientos poco precisos o incorrectos indicando que aún no han integrado a su estructura cognitiva aspectos conceptuales básicos asociados a las especificaciones técnicas.

Análisis asociado al elemento D. Los grupos, GRP05, GRP10, GRP23, GRP30 y GRP31, establecieron relaciones entre el sensor y los demás componentes del sistema de adquisición de datos basadas, fundamentalmente, en aspectos generales. Únicamente los grupos, GRP28 y GRP33,

enunciaron proposiciones de mayor precisión que contienen algunos vocablos pertenecientes al lenguaje técnico-informático. El grupo, GRP01, incluye además, una valoración sobre su uso en ciencias y en contextos reales.

Las aportaciones explicitadas en términos de detalle y especificidad se han clasificado de acuerdo a la diferenciación con que expresan sus ideas y al tipo de lenguaje que utilizan. Así, se reconocieron tres niveles: general, técnico-informático y valorativo. En la Tabla 4 se consignan proposiciones que corresponden a los distintos niveles detectados. En negrita se destacan las características que determinaron la inclusión de las producciones de los grupos dentro de cada nivel.

Las elaboraciones de nivel general están asociadas al uso de un discurso simple que utiliza palabras de lenguaje cotidiano, tales como circuito, programa, intervalo de

Tabla 4. Producciones de los estudiantes como ejemplo de los tres tratamientos sobre la relación sensor-componentes del sistema informático

Nivel general	Nivel técnico-informático	Nivel valorativo
<p><i>“El sensor trabaja en dos diferentes estados, circuito abierto y cerrado, de acuerdo a estas dos condiciones el programa evalúa intervalos de tiempo de acuerdo a la configuración que se requiere.”</i> GRP05</p>	<p><i>“El sensor mide intervalos de tiempo enviando señales digitales a la interfase, la misma interpreta los datos pasándolos a lenguaje de máquina y a través de un software muestra los datos experimentales obtenidos a través de cuadros y gráficos.”</i> GRP33</p>	<p><i>“Los sensores o transductores son dispositivos capaces de transformar una determinada variable de entrada (temperatura, presión, tensión, etc.) en otra diferente de salida (impulsos eléctricos). Son muy utilizados en la física y en la vida cotidiana junto con otros elementos, formando los denominados sistemas informáticos. Son una herramienta indispensable para la realización de experimentos en el campo de la física.”</i> GRP01</p>

tiempo y otras que, si bien son más específicas, se utilizan sin mayor precisión, dando lugar a ambigüedades: “*la configuración que se requiera*”. Esto denota que los estudiantes tienen dificultades para integrar a su lenguaje las nuevas expresiones asociadas con la temática que se trabaja en la actividad experimental objeto de este estudio.

En las formulaciones de nivel técnico-informático se observó una progresión hacia un discurso más específico que derivó en una evolución en las concepciones de los estudiantes. Así, atendiendo a lo consignado por el grupo GRP33, “*...el sensor mide intervalos de tiempo...*”, “*...enviando señales digitales a la interfase...*” y “*...un software muestra los datos obtenidos del experimento a través de cuadros y gráficos...*”, se observa que el grupo reconoce que un sistema informático es un dispositivo de medición -como también se registró en el Nivel general- pero su significado se extiende al reconocer que los datos experimentales de diversas magnitudes físicas, obtenidos con sensores, son leídos automáticamente y procesados en forma inmediata a través de la representación gráfica de los mismos.

En las producciones de nivel valorativo la evolución en las concepciones propició la construcción de expresiones que, a diferencia de las de Nivel general y técnico-informático, incluyen aseveraciones de valor sobre el uso del sensor en ciencias, “*son una herramienta indispensable para la realización de experimentos en el campo de la física*”, como también en contextos reales, “*son muy utilizados en la vida cotidiana*”.

Los niveles detectados (Tabla 4) revelan la manera en que el lenguaje, en cuanto herramienta fundamental del pensamiento, presenta en algunos grupos transformaciones hacia una mayor especificidad al otorgar significado a la relación sensor - sistema informático.

Los grupos restantes, GRP02, GRP08, GRP16 y GRP29 no elaboran proposiciones respecto a dichas relaciones.

Análisis asociado al elemento E. La visualización de los datos en la pantalla de la computadora se constituyó en el medio de conexión entre el sistema informático y la situación experimental que permite que las mediciones se presenten en el formato establecido por el observador. Se registró un tratamiento general ya que no se hace referencia a los elementos específicos asociados al procedimiento de visualización de los datos.

La mayoría de los grupos recurre a proposiciones basadas en los elementos que constituyen un sistema informático -sensor, interfase, computadora, programa- en alguno de ellos; en las características de funcionamiento de las fotopuertas y/o en la conexión sensor - interfase:

“Una vez ingresado al programa se elige el tema del sensor utilizado en el sistema experimental y una tabla donde queda expresado el tiempo en segundos. Cuando el haz de luz es bloqueado la interfase toma la señal del sensor y la transforma en la información que el ordenador logra entender. El programa analiza estos datos y los expresa en la tabla antes mencionada.” GRP23

Sólo en dos de los grupos anteriores, GRP01 y GRP28, se registró que, si bien basan sus argumentos en los componentes del sistema informático, logran establecer una secuencia temporal e identificar algunos de los elementos específicos de la visualización de datos:

“... debemos seleccionar la entrada analógica o digital en uso. Luego seleccionar la opción ‘tiempo’, presionar ‘rec’, ejecutar la experiencia (pasar la mano por el sensor) y finalmente oprimir ‘stop’. Luego para ver los resultados maximizamos la tabla de valores.” GRP28

Los grupos restantes, GRP10, GRP30 y GRP33, no hicieron referencia al procedi-

miento que permite visualizar los datos en la pantalla de la computadora.

Representaciones de “contexto procedimental”

En esta representación, en la que se inscriben el 66% de los grupos, las ideas se construyeron, básicamente, a partir de las acciones realizadas. Se integraron los usos específicos de la tecnología en una combinación entre las capacidades de acción personales y las capacidades de acción posibilitadas por el sistema informático. En el diagrama de flujo II, que se presenta en la Figura 2, se sintetizan las características generales asociadas a las representaciones de “contexto procedimental”.

Se continuó con la forma de organización del diagrama de flujo I correspondiente a las representaciones de “contexto declarativo” de allí que se conservaron las letras A, B y C para indicar los aspectos comunes, resaltando en color gris aquéllos

que son diferentes. Con un código compuesto se señalan algunas características que muestran un enriquecimiento de las relaciones analizadas en las representaciones de “contexto declarativo”. Con AB se identificó la correspondiente a la relación entre situación → hecho observable y el sensor. Con CE se expresó la relación entre las especificaciones técnicas y el procedimiento de visualización de los datos en la pantalla de la computadora. Con D* se indicó el cambio que se observó en la construcción de las relaciones entre el sensor y los demás componentes del sistema informático las que se orientaron hacia las aportaciones relevantes involucradas en la secuencia de operaciones que deben ejecutarse consignando los conceptos y relaciones teóricas que le otorgan significado. Con idéntico criterio, se utilizó E* para indicar los cambios observados en las ideas asociadas a la visualización de datos.

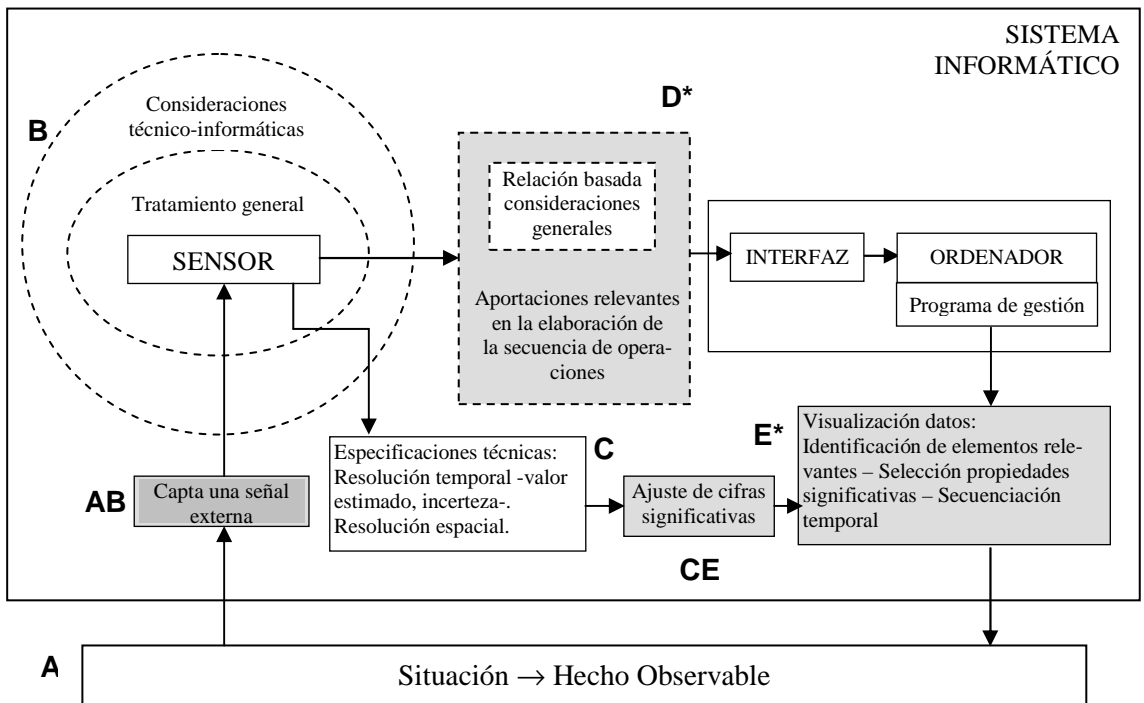


Figura 2. Diagrama de flujo II, representaciones de “contexto procedimental”

Análisis asociado al elemento AB. La relación establecida entre la correspondencia situación → hecho observable y el sensor denota que se ha asimilado información nueva que modifica y amplía el significado del sensor como instrumento de medición con respecto a las producciones que sugieren la construcción de representaciones de “contexto declarativo”.

Las proposiciones enunciadas por los grupos GRP15 y GRP18 sobre la relación entre el sistema físico y la forma en que trabaja un sensor, revelan la elaboración de un razonamiento deductivo que incluye regularidades (el sensor registra una señal y la transforman en una tensión eléctrica) e involucra propiedades que son escrutables:

“Durante el proceso experimental, existe una relación entre el sistema físico y el sistema informático. El sensor capta una señal externa provocada por el sistema físico. Estas señales llegan a la CPU, mediante la acción de la interfase, y ésta procesa los datos hasta transformarlos en información legible para nosotros.” GRP18

Análisis asociado al elemento D.* Las relaciones entre el sensor y los demás componentes del sistema informático, que se basaron en las aportaciones relevantes vinculadas tanto al proceso de adquisición de datos como al registro de los mismos, muestran un significativo grado de especificidad asociado a los contenidos teóricos del proceso de medición.

A continuación se transcriben las proposiciones elaboradas por el grupo GRP24 ya que son típicas de las construidas por aquellos grupos que comparten aportes semejantes:

“Consideramos relevante que el traspaso de los datos entre los componentes sea directo con lo que se reduce mucho la posibilidad de error ya que las magnitudes son calculadas con las mediciones directas del sensor y también que la incerteza

de la medición pasa a ser la apreciación mínima del sensor eliminando el error de apreciación humano produciendo datos más precisos y exactos que se acercan mucho más a la realidad.” GRP24

En la producción de este grupo se observa que los estudiantes activaron los conceptos de: medición directa, incerteza de la medición, apreciación de un instrumento, error de apreciación, precisión y exactitud. En el resto de los grupos se detectaron además otros conceptos: cifras significativas, resolución espacial, tiempo de reacción, errores casuales. Todos los conceptos mencionados constituyen organizadores básicos necesarios para la comprensión de los procesos de adquisición y transformación de los datos experimentales.

Cabe destacar que en las proposiciones transcritas anteriormente, el grupo GRP24 diferencia precisión de exactitud sin consignar los fundamentos de tal distinción. Sin embargo, en el informe escrito cuando justificaron el resultado de la medición del período del péndulo utilizando un sistema informático, estos estudiantes explicitaron: *“...es necesario registrar el tiempo de varias oscilaciones completas para eliminar los errores casuales... podemos calcular el período como un promedio de los períodos registrados... es más preciso”*. Se detecta, en sus conceptualizaciones, el abandono de la tendencia a adoptar el criterio de un único valor ‘correcto’ de los del conjunto de mediciones por cuanto incorporan parámetros de tendencia central que caracterizan la distribución de las mediciones, desde una concepción estadística. De esta forma, justifican el cálculo de la media como mejor representante de una serie de mediciones. Asimismo, disponen de la idea de error casual o aleatorio y que el mismo está asociado a la precisión de la medición (Baird, 1991).

Los grupos GRP03, GRP04 y GRP25 activaron, además, ideas relacionadas con

las múltiples posibilidades que ofrece el sensor junto con los demás componentes del sistema informático en la realización de experimentos: “... el software utilizado permite evaluar distintos movimientos, como también utilizar distintos elementos para tomar otro tipo de datos”, GRP25. El grupo GRP03 destacó la posibilidad de efectuar oportunas repeticiones de las mediciones y que la adquisición de datos va asociada de forma inmediata con la representación gráfica o en una tabla de valores: “... con el sensor se pueden obtener tantas mediciones como uno quiera y el programa que las obtiene las muestra en una tabla de valores o en gráficas”. Estos resultados muestran que el análisis efectuado se sustentaría en modelos mentales dinámicos.

*Análisis asociado al elemento E**. En la descripción del procedimiento de visualización de los datos, los grupos establecieron, con distintos niveles de completitud, una secuencia temporal de los pasos efectuados identificando los elementos relevantes en cada uno de ellos.

La mayoría de los grupos especifica con detalle la serie de pasos apelando a una estructura semejante a la adoptada en los manuales del usuario en los que se puntualizan cada una de las operaciones que deben ejecutarse para una determinada aplicación. A continuación se transcribe una de las producciones cuyo contenido denota que se reconocen los aspectos esenciales del proceso de visualización de los datos tanto en términos de contenido como de organización:

“Para visualizar en la pantalla del ordenador las mediciones efectuadas por el sensor, procedimos de la siguiente manera:

Primero abrimos el software haciendo clic en el ícono “Science Workshop”. Luego arrastramos el ícono del cable (plug de dos canales) que aparecía en la pantalla hasta el ícono del canal a utilizar (en este caso, digital y solo uno). Una vez hecho

esto, procedimos a elegir el tipo de sensor a utilizar (en este caso puerta fotoeléctrica sensible al corte de un haz infrarrojo). El siguiente paso fue seleccionar el modo en que queríamos que aparecieran los datos (seleccionamos Tabla). Finalmente, hicimos clic en el botón de grabar y comenzamos con las mediciones.” GRP19

Como puede observarse en la transcripción del grupo GRP19, la descripción en que se suceden las acciones que relacionan los diferentes elementos básicos se enriquece tanto en detalle como en cantidad de operaciones, en comparación con lo mencionado en las representaciones de “contexto declarativo”.

De los grupos anteriores, los identificados como GRP20, GRP22, GRP24 y GRP27, también incluyen como un paso de este proceso a la selección de la cantidad de cifras decimales:

“Se configura el software para lograr una lectura con cuatro decimales para así obtener un menor margen de error.” GRP27

El ajuste de la cantidad de cifras decimales significativas con las que se registraron los datos denota que se ha integrado a la estructura cognitiva información nueva referida al rango de funcionamiento de los sensores, en particular, el concepto de resolución temporal.

Otros dos grupos, GRP34 y GRP35, reconocen que se puede ampliar la cantidad de datos registrados ingresando cierta información tal como las dimensiones del objeto que corta el haz infrarrojo para obtener la velocidad:

“Dar las dimensiones del objeto, en este caso no se requiere porque no se quiere calcular la velocidad.” GRP35

La producción del grupo GRP20 se destaca dado que en la descripción de la secuencia de pasos incorporan algunas de las múltiples aplicaciones gráficas informáticas para representar los elementos relevantes identificados. El grupo incluye la figura de la pantalla cuando se ejecuta el soft-

ware, los íconos relacionados con cada una de las acciones ejecutadas, la tabla de valores para el registro de los datos y el ícono del botón que permite ajustar la cantidad de cifras decimales significativas.

Además, este grupo hizo mención explícita a la resolución espacial del sensor, diferenciando aspectos asociados a los atributos esenciales de este concepto, al consignar:

“... Un factor de suma importancia es el tamaño del cuerpo que bloquea el haz infrarrojo, ya que la resolución espacial del sensor nos impide medir intervalos de tiempo cuando el tamaño del cuerpo es menor que la misma.”

Los grupos restantes, GRP06, GRP13, GRP17, GRP21, GRP25 y GRP35, sólo explicitan algunos de los pasos anteriores lo cual indica que no se les otorga la misma relevancia en el proceso de visualización.

*Análisis asociado al elemento CE**. El ajuste de las cifras significativas del valor medido de los distintos intervalos de tiempo, de acuerdo a la resolución temporal del sensor, orientó una de las acciones del proceso de visualización de datos en la pantalla de la computadora.

Así, los grupos GRP20, GRP22, GRP24 y GRP27, al consignar la secuencia de pasos para la visualización de datos expresan: *“... seleccionamos Tabla, por lo que arrastramos su ícono hasta el de la foto-puerta, seleccionamos Time in gate y por último ajustamos los decimales a 4.”*, GRP22. Esto evidencia no sólo la asimilación de las ideas base asociadas al concepto de resolución temporal sino también la construcción de una relación entre ésta y el proceso de visualización de datos.

Cabe destacar que doce de los grupos emplearon correctamente la cantidad de cifras significativas en la comunicación de los resultados de las mediciones correspondientes a los distintos intervalos de tiempo. Sin embargo, sólo los grupos mencionados anteriormente lo consideraron un

aspecto relevante a tener en cuenta en el proceso de visualización de los datos.

Discusión

Ambas representaciones de “contexto declarativo” y de “contexto procedimental” estarían denotando la organización de modelos mentales consensuados básicamente proposicionales. No obstante, los estudiantes que en el seno del grupo elaboraron representaciones de “contexto procedimental” activaron un mayor número tanto de conceptos previos -medición directa, apreciación de un instrumento, cifras significativas, errores casuales- como de interrelaciones entre ellos para otorgar significado al sensor como instrumento de medición; lo cual evidenciaría la construcción de modelos mentales proposicionales más completos. La articulación de relaciones entre la correspondencia ‘situación → hecho observable’ y el sensor, entre las especificaciones técnicas y el proceso de visualización de datos y entre el sensor y los demás componentes del sistema informático, detectadas en las representaciones de “contexto procedimental”, fortalecen dicha aseveración.

Por otra parte, los resultados de la investigación muestran que en la construcción de ambas representaciones los estudiantes dan evidencias de haber alcanzado distintos niveles de diferenciación al organizar sus ideas sobre el uso y función de los sensores, sobre cómo trabajan y sobre la relación entre sensores, interfase y computadora. Así, acordando con Moreira y colaboradoras (2002), las representaciones de “contexto declarativo” sugieren una cierta “gradación de significatividad” que va desde modelos mentales abarcadores, que alcanzan funcionalidad a partir de integrar al sensor con los demás componentes del sistema informático mediante relaciones cuyas proposiciones incluyen consideraciones técnico-informáticas y de

valor, hasta modelos mentales elementales, que presentan relaciones proposicionales de carácter general y algunos ‘tokens’ básicos desagregados.

Las representaciones de “contexto procedimental” también dan evidencias que los grupos lograron distintos niveles de diferenciación en la construcción de sus modelos mentales de perfil dinámico sustentados en la articulación de las relaciones mencionadas anteriormente. Así, los grupos que organizaron modelos de mayor significatividad basan su funcionalidad a partir de establecer relaciones, entre el sensor y los demás componentes del sistema informático, vinculadas tanto al proceso de adquisición de datos como al registro de los mismos considerando aspectos teóricos que devienen del proceso de medición.

La mención explícita de ideas que asocian la adquisición de datos utilizando sensores con la representación inmediata de éstos en forma de gráfica o de tabla de valores sugiere que los estudiantes han acordado aspectos organizadores básicos. Los mismos deben estar disponibles en su estructura cognitiva para favorecer la vinculación del lenguaje gráfico y del lenguaje tabular con los fenómenos reales, tal como se desprende de las investigaciones efectuadas por Juan Martínez y colaboradores (2003).

Asimismo, los estudiantes que construyeron representaciones de “contexto procedimental” dieron indicios de haber elaborado un razonamiento deductivo en el que involucraron información previa vinculada al proceso de medición con conceptos nuevos referidos al rango de funcionamiento del sensor. La interacción que establecieron con el sistema informático durante el proceso de visualización de datos en la pantalla de la computadora da evidencias de la construcción de modelos mentales consensuados con características específicas. Tales modelos alcanzan funcionalidad a partir de identificar los ele-

mentos físicos relevantes que intervienen, seleccionar las propiedades más significativas de los mismos y enumerar las etapas del proceso en un cierto orden y sistemática para establecer la secuenciación temporal del proceso de visualización.

Si bien las diferentes estructuras internas que presentan las representaciones de “contexto declarativo” y de “contexto procedimental” quedan determinadas por los distintos niveles de diferenciación logrados en la elaboración de información nueva asociada a los sensores en tanto instrumento de medición, en ambas se detectaron sesgos (de Vega, 1984) en relación con la identificación de las condiciones bajo las cuales se utilizan los sensores en las situaciones experimentales. Cabe destacar que la omisión de una mención explícita a las condiciones también se ha observado en otros grupos de estudiantes en la resolución de problemas de lápiz y papel (Scancich, Yanitelli y Massa, 2008), siendo éste un aspecto que denotaría una tendencia en los estudiantes a no reflexionar sobre las condiciones que otorgan validez a la organización de modelos conceptuales, al desarrollo de los procedimientos y a los cálculos.

Consideraciones finales

El propósito del presente trabajo ha sido reconocer la manera en que grupos de estudiantes de carreras de Ingeniería incorporan al sensor y sus relaciones con los componentes del sistema informático dando sentido a éste como instrumento de medición. Las representaciones mentales construidas y consensuadas, con distintos niveles de diferenciación, les permitieron a los estudiantes atribuirle funciones y características propias de tales instrumentos.

Los resultados obtenidos muestran que un número importante de grupos generó representaciones de “contexto procedimental”: fueron capaces de describir, explicar

y justificar científicamente. Estas acciones les demandaron un alto nivel de comprensión de lo actuado denotando que aprender con la tecnología supone aprender con distintos tipos de aplicaciones que permiten realizar diferentes acciones extendiendo, de esta manera, los procesos mentales, tal como lo sugieren Salomon, Perkins y Globerson (1992): “*La obra de una persona en colaboración con la tecnología podría ser mucho más ‘inteligente’ que la obra de la persona a solas. Un resultado de este nivel se obtiene cuando los procesos mentales del usuario son del tipo no automático, es decir, cuando explora, diseña, investiga, escribe o comprueba hipótesis con métodos que acoplan la inteligencia de la máquina a la suya, en una participación consciente y activa*”.

Los grupos caracterizados por las representaciones de “contexto declarativo”, evidenciaron una marcada tendencia hacia tratamientos sesgados por consideraciones

generales con predominio del lenguaje coloquial.

Los resultados que se comunican en este artículo dan unos primeros indicios sistematizados en un área, aún de relativa vacancia, dentro de un marco teórico y metodológico consistente con el paradigma cognitivo que concibe la enseñanza como un proceso sociocultural. En esta perspectiva, el énfasis está puesto en que el estudiante desarrolle su potencialidad cognitiva y se convierta en aprendiz estratégico para apropiarse significativamente no sólo de los contenidos curriculares sino también de los instrumentos que proporciona la cultura, en particular, las actuales tecnologías de la comunicación y la información. Esta base inicial, permite organizar instancias futuras para profundizar sobre la construcción y evolución de los modelos mentales individuales, en una dinámica posibilitada por la actividad grupal.

Referencias

- Ausubel, D. (1976). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas. (Edición Original: 1968, Educational Psychology: A cognitive view. N.Y.: Holt, Rinehart & Winston).
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1998). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Baird, D.C. (1991). *Experimentación. Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos*. México: Prentice Hall.
- Beltrán LLera, J. (2003). Enseñar a aprender. *Conferencia de Clausura*, Segundo Congreso de EDUCARED.
- Camargo, P.C. de, Ketzer Saul, C. & Pazini, A. (2002). Sensors: The motivation for learning, teaching and innovating. *Proceedings of 10th IOSTE Symposium*, pp.128/015-015/133.
- Colás Bravo, M.P. y Buendía Eximan, L. (1994). *Investigación educativa*. Sevilla: Alfar.
- Finquelievich, S. y Prince, A. (2005). Universidades y TICs en Argentina. Las universidades argentinas en la sociedad del conocimiento. Recuperado el 19/02/2008. www.scribd.com/doc/4940962/Finquelievich-y-PrinceLAS-UNIVERSIDADES.
- García Madruga, J., Carriedo, N. & González Labra, M. J. (2000). *Mental Models in reasoning*. Madrid: UNED.
- Goetz, J.P. y Lecompte, M.D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Juan Martínez, A., Juliá Espí, M., Jover, E., Prats, G., Pons, I., y Martínez, B. (2003). El vídeo digital como recurso didáctico para el estudio cinemático del movimiento. *Actes VII Jornades de la Curie*, pp.53-65.
- Li, H. (1998). Information-Technology-Based tools for reengineering construction engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 6 (1), pp.15-21.
- Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza-aprendizaje de la Física y en la investigación en este campo. *Memorias de SIEF 4*, pp. 451-463.
- Moreira, M.A., Greca, I. y Rodríguez Palmero, M.L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (3), pp.37-57.
- Newton, L.R. (2000). Data logging in practical science: research and reality. *International Journal of Science Education*, 22 (12), pp.1247-1259.
- Norman, D. (1987). Doce problemas para la ciencia cognitiva. *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Quivy, R. y Van Campenhoudt, L. (1998). *Manual de Investigaciones en Ciencias Sociales*. México: Limusa.
- Sáez, M., Pintó, R. y García, P. (2005). Relaciones conceptuales en el uso de MBL para el estudio del movimiento. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*. Número extraordinario VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias.
- Salomon, G., Perkins, D. y Globerson, T. (1992). Coparticipando en el conocimiento: la ampliación de la inteligencia humana con las tecnologías inteligentes. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 13, pp.6-22.
- Sassi, E., Monroy, G. & Testa, I. (2005). Teacher training about real-time approaches: Research-based guidelines and training materials. *Science Education*, 89 (1), pp.28-37.
- Scancich, M., Yanitelli, M. y Massa, M. (2008). De los problemas de lápiz y papel a las situaciones experimentales: Obstáculos que se pueden presentar durante su resolución. *Memorias Noveno Simposio de Investigación en Educación en Física*. Rosario, Argentina.
- Testa, I., Monroy, G. & Sassi, E. (2002). Student's reading images in kinematics: the case of real-time graphs. *International Journal of Science Education*, 24 (3), pp.235-256.
- Torres Climent, A.L. (2010). Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la Enseñanza de la Física y Química de secundaria y bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación en Ciencias*, 7 (3), pp.693-707.
- Vallés, M. (1997). *Técnicas cualitativas de investigación social*. Madrid: Síntesis.
- Vega, M. de (1984). *Introducción a la psicología cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial S.A.
- Yanitelli, M., Massa, M. & Moreira, M. (2010). The use of personal computers in the resolution of experimental situations. *Proceedings GIREP 2008 International Conference*. Nicosia, Chipre.
- Yanitelli M., Rosolio A. y Massa M. (2007). Un sistema informático para adquirir y procesar datos experimentales: De "caja negra" a instrumento de medida. *Memorias XV Reunión Nacional de Educación en Física*. Merlo, San Luis.

ANEXO 1

Segmento de la guía de laboratorio asociado al eje de trabajo I:

Reconocer los distintos componentes que integran un sistema informático y sus relaciones. Uso y función de cada componente.

Esta actividad está orientada, por una parte, a la construcción de una visión global del uso y función de los distintos elementos que conforman un sistema informático en la realización de experimentos reales no simulados en el laboratorio y, por otra, a la comparación entre la función, precisión y sensibilidad de las herramientas tradicionales y las del sistema informático.

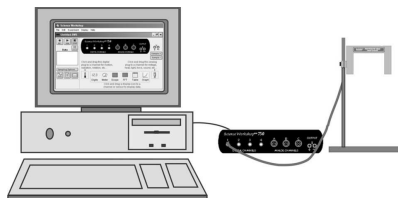


Figura 1. Sistema informático

Comencemos analizando los siguientes aspectos:

1- Identifica los distintos elementos que componen el sistema informático que utilizarás en la realización de actividades experimentales. Indica, con el mayor detalle posible, el uso y función de cada elemento.

.....

2- En qué situaciones y en qué condiciones utilizarías sensores para recoger datos en un experimento.

.....

ANEXO 2

Segmento de la guía de laboratorio asociado al eje de trabajo II:

Profundizar sobre sensores, en particular, sobre las características relevantes, uso y función de las puertas fotoeléctricas.

A continuación, te proponemos focalizar tu atención en uno de los sensores que se utiliza como cronómetro para determinar los intervalos de tiempo de ciertos eventos con una resolución de 0,1 ms.

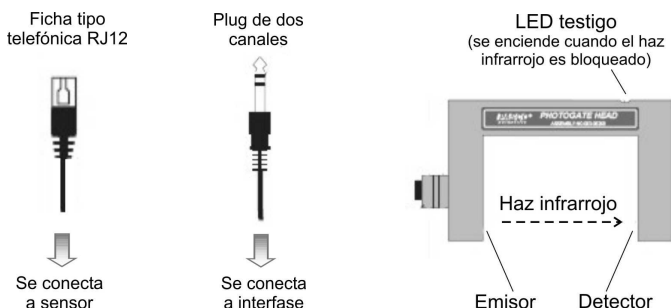


Figura 2. Sensor óptico

Este tipo de sensores, que suministran directamente una señal digital, son las puertas fotoeléctricas sensibles al corte de un haz infrarrojo por un móvil.

Básicamente, permite determinar el intervalo de tiempo durante el cual el haz infrarrojo permanece bloqueado. Para comprobarlo, te sugerimos pasar lentamente tu mano a través del haz.

Observa el LED testigo. ¿Cuándo comienza el conteo del tiempo? ¿Cuándo se detiene?

.....

Describe, detalladamente, el procedimiento para visualizar en la pantalla de la computadora el registro del intervalo de tiempo durante el cual el haz permaneció bloqueado.

.....

Indica el valor medido con su correspondiente incerteza. $\Delta t_{\text{MANO}} = \dots\dots\dots$

Si ahora el haz es bloqueado por el paso de uno de los dedos de tu mano ¿cuál es el intervalo de tiempo transcurrido? $\Delta t_{\text{DEDO}} = \dots\dots\dots$

Te sugerimos efectuar otras mediciones de tiempo pasando lentamente a través del haz alambres de distintos diámetros. Indica los Δt registrados.

.....

¿Fue posible medir el tiempo de cada uno de los eventos propuestos? De no ser así, identifícalo e intenta explicar por qué.

.....

Consulta con el docente la especificación asociada a la resolución espacial del sensor. Resolución espacial =

Sintetiza las ideas que consideras relevantes sobre cómo trabaja un sensor y sobre su relación con los demás componentes del sistema informático en la realización de experimentos.

.....